Наръчник на радиолюбителя

Наръчник на радиолюбителя

Н. ВЕЛЕВ

Т. СЛАВОВ

Д. РАЧЕВ

МЕДИЦИНА И ФИЗКУЛТУРА

Н. ВЕЛЕВ, Т. СЛАВОВ, Д. РАЧЕВ

Наръчник на радиолюбителя

МЕДИЦИНА И ФИЗКУЛТУРА
СОФИЯ • 1961

В „Наръчник на радиолюбителя" са разгледани голяма част от въпросите, които интересуват радиолюбителите и са обект на тяхната дейност. Застъпеният материал е разделен на единадесет глави, в които се дават теоретически и практически указания по основните раздели от електрониката. По всеки въпрос е дадено обяснение на физическите явления, придружено с най-необходимите справочни данни и изчислителни методи. Всяка глава се придружава и от необходимия брой практически схеми или примери за приложение.

Наръчникът е предназначен за радиолюбители конструктори със средно ниво на подготовка и е необходимо пособие в тяхната работа.

ПРЕДГОВОР

За нашите радиолюбители беше твърде голяма необходимостта от наръчник, който систематизирано и в сбита форма да дава основни сведения, справочни и изчислителни данни и практически схеми по най-важните раздели от радиотехниката и телевизията. В това отношение с настоящата книга се прави опит да се запълни една чувствуваща се празнота.

Разбира се, в този обем не беше възможно да се обхванат всички нови области от електрониката. Липсват дори някои основни раздели, като радиопредавателни устройства, разпространение на радиовълните, импулсна техника, радиолокация и други.

В първите глави се дават основните сведения по електротехника и радиотехника. По-нататък са разгледани електронните лампи и полупроводниците, придружени с данни за най-разпространените от тях. В следващите глави подробно се разглеждат радиоприемниците, телевизионните приемници и измерителните уреди. Отделено е място и за въпроси от токозахранването, електроакустиката, антените и УКВ.

Материалът е изложен в такава форма, че да подпомогне начинаещите и средно напредналите радиолюбители в усвояване на явленията, съставяне на схемите и изчисление на отделните им стъпала. За тази цел наръчникът се придружава и от необходимия брой справочни таблици и графици.

Материалът съставиха: Н. Велев — електронни лампи и полупроводници, токозахранване и радиоприемници; инж. Д. Рачев — основни сведения по електротехника и радиотехника, УКВ приемници и предаватели, нискочестотни усилватели, електроакустика: инж. Т. Славов — телевизия, антени, радиотехнически измервания. Справочните данни са съставени от Н. Велев.

Авторите

2. Измерителни единици и тяхното означение

Наименование	Съкратено означение	Наименование	Съкратено означение
Грам	*г*	Волт	*в*
Килограм	*кг*	Киловолт	*кв*
Тон	*т*	Миливолт	*мв*
Милиграм	*мг*	Микроволт	*мкв*
Метър	*м*	Ват	*вт*
Километър	*км*	Киловат	*квт*
Сантиметър	*см*	Хектоват	*хвт*
Милиметър	*мм*	Миливат	*мвт*
Микрон	*мкн*	Микроват	*мквт*
Квадратен метър	*м*^{2}	Електрон	*е*
Литър	*л*	Кулон	*К*
Ом	*ом*	Ампер-секунда	*асек*
Килоом	*ком*	Ампер-час	*ач*
Мегаом	*мгом*	Микрокулон	*мкк*
Фарад	*ф*	Ват-секунда	*втсек*
Микрофарад	*мкф*	Ерг	*ерг*
Нанофарад	*нф*	Гаус	*гс*
Пикофарад	*пф*	Ерщед	*ерщ*
Хенри	*хн*	Ампер-навивка	*ан*
Милихенри	*мхн*	Лумен-секунда	*лмс*
Микрохенри	*мкхн*	Лукс	*лкс*
Херц	*хц*	Стилб	*сб*
Килохерц	*кхц*	Фот	*фот*
Мегахерц	*мгхц*	Фот-секунда	*фот-с*
Волт-секунда (Вебер)	*вб*	Свещ	*св*
Секунда	*сек*	Джаул	*дж*
Минута	*мин*	Ват-час	*втч*
Час	*час*	Киловат-час	*квтч*
Лумен	*лм*	Хектоват-час	*хвтч*
Килолумен	*клм*	Калория	*кал*
Ампер	*а*	Килокалория	*ккал*
Килоампер	*ка*	Бар	*бар*
Милиампер	*ма*	Милибар	*мбар*
Микроампер	*мка*	Пеза	*пз*

Значение на приставките към единиците на метричната система

Наименование	Съкратено означение	Наименование	Съкратено означение
Пико (микромикро)	*п*	Дека	*дк*
Нано (милимикро)	*н*	Хекто	*х*
Микро	*мк*	Кило	*к*
Мили	*м*	Мега	*М(мг)*
Санти	*с*	Гига	*Г*
Деци	*д*	Тера	*Т*

3. Децибели и непери

Децибели	Отношение на напрежения и токове	Отношение на мощности	Непери	Децибели	Отношение на напрежения и токове	Отношение на мощности	Непери
0	1,00	1,00	0,0	2,2	1,29	1,66	0,25
0,1	1,01	1,02	0,01	2,4	1,32	1,74	0,28
0,2	1,02	1,05	0,02	2,6	1,35	1,82	0,31
0,3	1,04	1,07	0,04	2,8	1,38	1,90	0,33
0,4	1,05	1,10	0,05	3,0	1,41	1,99	0,35
0,5	1,06	1,12	0,06	4	1,58	2,51	0,46
0,6	1,07	1,15	0,07	5	1,78	3,16	0,58
0,7	1,08	1,18	0,08	6	1,99	3,98	0,69
0,8	1,10	1,20	0,09	7	2,24	5,01	0,81
0,9	1,11	1,23	0,10	8	2,51	6,31	0,92
1,0	1,12	1,26	0,12	9	2,82	7,94	1,04
1,1	1,13	1,29	0,13	10	3,16	10,00	1,15
1,2	1,15	1,32	0,14	11	3,55	12,59	1,27
1,3	1,16	1,35	0,15	12	3,98	15,85	1,38
1,4	1,17	1,38	0,16	13	4,47	19,95	1,50
1,5	1,19	1.41	0,17	14	5,01	25,12	1,61
1,6	1,20	1,44	0,18	15	5,62	31,62	1,73
1,7	1,22	1,48	0,19	16	6,31	39,81	1,84
1,8	1,23	1,51	0,21	17	7,08	50,12	1,96
1,9	1,24	1,55	0,22	18	7,94	63,10	2,07
2,0	1,26	1,58	0.23	19	8,91	79,43	2,19

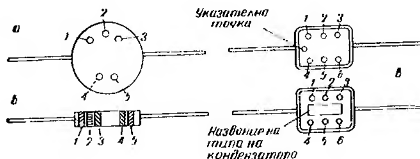
Децибели	Отношение на напрежения и токове	Отношение на мощности	Непери	Децибели	Отношение на напрежения и токове	Отношение на мощности	Непери
20	10,00	100,0	2,30	46	199,5	39800	5,29
21	11,22	125,9	2,40	47	223,9	50100	5,41
22	12,59	158,5	2,53	48	251,2	63100	5,52
23	14,13	199,5	2,65	49	281,8	79400	5,64
24	15,85	251,2	2,76	50	316,2	100000	5,76
25	17,78	316,2	2,88	51	354,8	126000	5,84
26	19,95	398,1	2,99	52	398,1	158000	5,98
27	22,39	501,2	3,11	53	446,7	199000	6,10
28	25,12	631,0	3,22	54	510,2	251000	6,21
29	28,18	794,3	3,34	55	562,3	316000	6,33
30	31,62	1000	3,45	56	631,0	399000	6,45
31	35,48	1259	3,57	57	707,9	501000	6,56
32	39,81	1585	3,68	58	794,3	631000	6,68
33	44,67	1990	3,80	59	891,3	794000	6,79
34	50,12	2510	3,91	60	1000,0	1000000	6,91
35	56,23	3160	4,08	65	1778,3	3162×10^6	7,48
36	63,10	3980	4,14	70	3162,3	10^7	8,06
37	70,79	5010	4,26	75	56294	3162×10^7	8,64
38	79,43	6310	4,37	80	10000	10^8	9,21
39	89,13	7940	4,49	85	17782	3162×10^8	9,79
40	100,0	10000	4,61	90	31623	10^9	10,36
41	112,2	12600	4,72	95	56234	3162×10^9	10,94
42	125,9	15800	4,83	100	10^5	10^{10}	11,51
43	141,3	19900	4,95	110	3162×10^5	10^{11}	12,66
44	158,5	25100	5,06	120	10^5	10^{12}	13,82
45	177,8	31600	5,18	130	3162×10^5	10^{13}	14,97

4. Цветен код на кондензаторите

Цвят на кода	Условно значение на цвета					
	номинален капацитет в *пф*		допустимо отклонение в %	температурен коефициент на кондензатора		работно напрежение, *в*
	цифри	множител		буквено означение	величина на $1^\circ.10^{-6}$	
Черен	0	1	—	—	—	—
Кафяв	1	10	—	—	—	250
Червен	2	10^2	±1	Д	—730±100	500

Цвят на кода	Условно значение на цвета					
	номинален капацитет в *пф*		допустимо отклонение в %	температурен коефициент на кондензатора		работно напрежение, *в*
	цифри	множител		буквено означение	величина на $1°.10^{-6}$	
Оранжев	3	10^3	—	Ж	-600 ± 80	1000
Жълт	4	10^4	—	—	—	1500
Зелен	5	10^5	—	Ц	-200 ± 50	2000
Син	6	10^6	—	С	-110 ± 30	2500
Гълъбов	—	—	—	М	-50 ± 30	—
Виолетов	7	10^7	—	—	—	3000
Сив	8	10^8	—	Р	-40 ± 20	5000
Бял	9	10^9	±2	Г	±50	7000
Златен	—	0,1	±5	В	±100	—
Сребърен	—	0,01	±10	Б	±200	
Безцветен	—	—	±20	А	—	—

Номиналният капацитет се указва с три знака: първите два знака означават десетиците и единиците, а третият — множителя към тези цифри. Всяка от останалите характеристики се означава с един знак.



Маркировката на кондензатори, имащи форма на диск, тръбичка и правоъгълник, е показана на горната фигура. Цветните точки или лентички, отбелязани на фигурата с цифри, означават: *1* — десетици; *2* — единици; *3* — множител към първите две значения; *4* — допустимо отклонение от номиналната стойност; *5* — температурен коефициент; *6* — работно напрежение.

На кондензатора с каквато и да е форма характеристиките се четат отляво надясно, при което:

кондензаторът във форма на диск (*а*) се разполага така, че знаците на номиналната стойност (трите точки) се намират отгоре (над изводите на кондензатора);

кондензаторът във форма на тръба (*б*) се разполага така, че знаците на номиналния капацитет (трите ленти) се намират вляво;

кондензаторът във форма на правоъгълник (*в*) се разполага така, че надписът (наименованието на типа на кондензатора) се намира в нормално положение, а при липса на надпис — така, че показващата точка на кондензатора се намира вляво.

5. Класификация на излъчванията

Вид на модулацията	Вид на предаването	Допълнителни характеристики	Знак
Амплитудна модулация	Без всякаква модулация	—	Ao
	Телеграфия без модулация чрез звукова честота (манипулация с включване или изключване)	—	A1
	Телеграфия чрез манипулиране на звукова модулираща честота или на звукови модулиращи честоти или чрез манипулиране на модулирано излъчване. (Частен случай — неманипулирано модулирано излъчване.)	—	A2
	Телефония	Двойна странична лента, пълна носеща вълна	A3
		Единична странична лента, намалена носеща вълна	A3a
		Две странични независими ленти, намалена носеща вълна	A3в
	Факсимиле	—	A4
	Телевизия	—	A5
	Сложни предавания и случаи, които не са предвидени по-горе	—	A9
	Сложни предавания	Намалена носеща вълна	A9c
Честотна (фазова) модулация	Без всякаква модулация	—	F0
	Телеграфия без модулация чрез звукова честота. (Манипулиране чрез честотно изместване.) .	—	F1
	Телеграфия чрез манипулиране на звукова модулираща честота или чрез манипулиране на модулираното излъчване . . .		F2
	Телеграфия		F3
	Факсимиле		F4
	Телевизия		F5
	Сложни предавания и случаи, които не са предвидени по-горе		F9

Вид на модулацията	Вид на предаването	Допълнителни характеристики	Знак
Модулация чрез импулси	Без всякаква модулация, предназначено за предаване на съобщение	—	Po
	Телеграфия без модулация чрез звукова честота	—	P_1
	Телеграфия чрез манипулиране на звукова манипулираща честота или чрез манипулиране на модулирания импулс	Амплитуда на модулирания импулс със звукова честота	P2d
		Звукова честота, модулираща ширината на импулса	P2e
		Звукова честота, модулираща фазата	P2f
	Телефония	Амплитудна модулация	P3d
		Фазова модулация . .	P3e
	Сложни предавания и случаи, които не са предвидени по-горе	—	P9

6. Синпфемо

	S	J	N	P	F	E	M	O
		смущения				модулация		
Скала	сила на сигнала	изкуствени	атмосферни	разпространение на вълните	скорост на фадинга	качество	%	обща оценка
5	отлично	без	без	без	няма	отлично	висок	отлично
4	добра	слаби	слаби	слаби	бавен	добро	добър	добра
3	удовлетв.	умерени	умерени	умерени	средна	удовлетв.	удовлетв.	удовлетв.
2	неудовл.	силни	силни	силни	бърз	неудов.	неудовл.	неудовл.
1	съвсем неудовл.	много силни	много силни	много силни	много бърз	съвсем неудовл.	съвсем неудовл.	съвсем неудовл.

7. Радиолюбителски код

Радиолюбителите при установяване на връзки помежду си употребяват *Q*-код. Всяко съкращение, предадено с въпросителен знак на края, означава запитване, а предадено без въпросителен знак — отговор на зададения въпрос или съобщение изобщо.

Най-употребявани съкращения от Q-кода

Съкращение	Въпрос	Отговор или известие
QRA	Как е името на Вашата станция?	Името на моята станция е . . .
QRB	На какво приблизително разстояние Вие се намирате от моята станция?	Приблизителното разстояние между нашите станции е . . . морски мили или *км*
QRC	От коя частна експлоатация (или държавна администрация) се уреждат сметките за таксите на Вашата станция?	Сметките за таксите на моята станция се уреждат от частната експлоатация . . . (или от държавната администрация . . .)
QRD	Къде отивате и откъде идвате?	Отивам в . . ., а идвам от . .
QRE	В колко часа смятате да пристигнете в . . . (място)?	Смятам да пристигна в . . . (място) в . . . часа
QRF	Връщате ли се в . . . . (място)?	Връщам се в . . . (място)
QRG	Желаете ли да посочите моята точна честота (или точната честота на . . .)?	Вашата точна честота (или точната честота на . . .) е . . . *кхц* (*мгхц*)
QRH	Моята честота изменя ли се?	Вашата честота се изменя
QRI	Какъв е тонът на моето предаване?	Тонът на Вашето предаване е: 1) добър 2) променлив 3) лош
QRK	Каква е четливостта на моите сигнали или сигналите на . . . ?	Четливостта на Вашите сигнали (или сигналите на . . .) е: 1) нечетлива 2) четлива на моменти 3) четлива, но мъчно 4) четлива 5) отлично четлива
QRL	Заети ли сте?	Зает съм (или зает съм с . . .) Моля не смущавайте!
QRM	Смущавани ли сте?	Смущаван съм
QRN	Смущавани ли сте от паразити?	Смущаван съм от паразити
QRO	Трябва ли да увелича мощността?	Увеличете мощността
QRP	Трябва ли да намаля мощността?	Намалете мощността
QRQ	Трябва ли да предавам по-бързо?	Предавайте по-бързо (. . . думи в минута)
QRS	Трябва ли да предавам по-бавно?	Предавайте по-бавно (. . . думи в минута)
QRT	Трябва ли да преустановя предаването?	Преустановете предаването
QRU	Имате ли нещо за мене?	Нямам нищо за Вас
QRV	Готови ли сте?	Готов съм
QRW	Трябва ли да предупредя . . ., че Вие го викате на . . . *кхц* (*мгхц*)?	Моля уведомете . . ., че го викам на . . . *кхц* (*мгхц*)

Съкращение	Въпрос	Отговор или известие
QRX	В кой момент ще ме повикате отново?	Ще Ви повикам отново в . . . часа на . . . *кхц* (*мгхц*)
QRY	Кой е моят ред?	Номерът на Вашия ред е . . . (според всяко друго указание или относно съобщение)
QRZ	От кого съм викан?	Вие сте викани от . . . на . . . *кхц* (*мгхц*)
QSA	Каква е силата на моите сигнали (или сигналите на . . .)?	Силата на Вашите сигнали (или на сигналите на . . .) е: 1) мъчно доловима; 2) слаба; 3) твърде слаба; 4) добра; 5) много добра
QSB	Изменя ли се силата на моите сигнали?	Силата на Вашите сигнали се изменя
QSD	Моята манипулация дефектна ли е?	Вашата манипулация е дефектна
QSI	Можете ли да прекъснете моето (или на . . .) предаване?	Беше невъзможно да прекъсна Вашето предаване или желаете ли да уведомите (повиквателен знак), че ми беше невъзможно да прекъсна неговото предаване на . . . *кхц* (*мгхц*)
QSK	Можете ли да ме чувате между Вашите сигнали?	Мога да Ви чувам между моите сигнали
QSL	Можете ли да ми дадете потвърждение за приемане?	Давам Ви потвърждение за приемане
QSM	Трябва ли да повторя последната телеграма, която Ви предадох (или една предшествуваща телеграма)?	Повторете последната телеграма, която ми предадохте (или телеграма номер . .)
QSN	Чухте ли ме или чухте ли . . . (повиквателен знак) на . . . *кхц* (*мгхц*)?	Чух Ви или чух . . . (повиквателен знак) на . . . *кхц* (*мгхц*)
QSO	Можете ли да влизате във връзка с . . . директно (или чрез препредаване)?	Мога да влизам във връзка с . . . директно (или посредством . . .)
QSP	Желаете ли да предадете безплатно?	Мога да предам на . . . безплатно
QSU	Трябва ли да предавам (отговарям) на сегашната честота или на . . . *кхц* (*мгхц*), с излъчване на клас . . . ?	Предавайте (отговорете) на сегашната честота или на . . *кхц* (*мгхц*), с излъчване на клас . . .)
QSV	Трябва ли да предавам серия от *V* на тази честота или на . . . *кхц* (*мгхц*)?	Предавайте серия *V* на тази честота или на . . . *кхц* (*мгхц*)

Съкращение	Въпрос	Отговор или известие
QSW	Желаете ли да предавате на настоящата честота или на . . . *кхц* (*мгхц*), с излъчване на клас . . . ?	Ще предавам на сегашната честота или на . . . *кхц* (*мгхц*), с излъчване на клас . . .
QSX	Желаете ли да слушате . . . (повикателен знак) на . . . *кхц* (*мгхц*) ?	Слушам . . . (повикателен знак) на . . *кхц* (*мгхц*)
QSY	Трябва ли да мина на предаване на друга честота ?	Минете на предаване на друга честота или на . . . *кхц* (*мгхц*)
QSZ	Трябва ли да предавам всяка дума (група) няколко пъти ?	Предавайте всяка дума (група) два пъти (или . . . пъти)
QTC	Колко телеграми имате за предаване ?	Имам . . телеграми за Вас (или за . . .)
QTH	Кое е Вашето местонахождение в географска ширина и дължина (или според всяко друго указание) ?	Моето местонахождение е . . . ширина и . . . дължина (или според всяко друго указание)
QTQ	Можете ли да влезете във връзка с моята станция с помощта на международния код от сигнали ?	Ще вляза във връзка с Вашата станция с помощта на международния код от сигнали
QTR	Колко е точно часът ?	Часът е точно . . .
QTS	Желаете ли да предавате Вашия повикателен знак в продължение на . . . минути сега (или от . . . часа) на . . . *кхц* (*мгхц*), за да позволите измерването на Вашата честота ?	Ще предавам в . . . часа на . . . *кхц* (*мгхц*) моя повикателен знак през . . . минути за измерване на моята честота
QTU	Кои са часовете, през които Вашата станция работи ?	Моята станция работи от . . . до . . . часа
QTV	Трабва ли да бдя на Ваше място на честота . . . *кхц* (*мгхц*) от . . . до . . . часа ?	Бдете на мое място на честота . . . *кхц* (*мгхц*) от . . до . . . часа
QTX	Желаете ли да оставите Вашата станция отворена за връзка с мене до ново известие от моя страна (или до . . . часа) ?	Моята станция остава отворена за връзка с Вас до ново известие от Ваша страна (или до . . . часа)
QUA	Имате ли новини от . . . (повикателен знак) ?	Ето новините от . . . (повикателен знак)
QUF	Приехте ли сигнала за опасност, предаван от . . . (повикателен знак на една подвижна станция) ?	Приех сигнала за опасност, предаван от . . . (повикателен знак на една подвижна станция) в . . . часа
QUH	Желаете ли да посочите настоящото барометрично налягане при морското ниво ?	Сегашното барометрично налягане при морското ниво е . . . (единици)

8. Висококачествени кабелн

Електрически хврактернстики на коаксиалнн кабели

Тип на кабела	Капацитет в *пф/м* (не повече)	Вълново съпротивление в *ом*	Затихване в *мнеп/м* при честота в *мгхц*					Работно напрежение в *кв*
			10	100	300	1000	3000	
РК-1	66	77	3,5	13	23	46	100	3,5
РК-2	55	92	2,5	10	7	38	78	4,5
РК-3	68	75	2,5	8	15	30	60	5,5
РК-4	68	75	2,5	8	15	30	60	5,6
РК-6	96	52	1,9	6,3	14	31	67	4,5
РК-12	96	62	5,2	19,1[1]	—		—	2
РК-19	96	52	6,5	23	37	69	130	1
РК-20	68	75	2,5	10	17,5	38	78	1
РК-28	96	52	2,5	10	17		—	1,5
РК-29	100	60	3,5	13	23	46	100	1,5
РК-31	85	70	6,3	21,5	—	—		5
РК-44	82	70	8	20[1]	-	—	—	5
РК-45	112	52	7,2	18[1]	—	—	-	8
РК-46	78	75	9	20[2]	—	—	—	1
РК-47	96	52	2,5	10	17	38	78	1
РК-48	100	50	2,0	8	15	—	—	2
РК-49	70	72	4	15	26	53	103	1
РК-50	25	157		10[1]	—	—	—	—

[1] Затихване при честота 30 *мгхц*.
[2] Затихване при честота 50 *мгхц*.

Електрнчески характеристики на високочестотни двупроводин кабели

Тип на кабела	Капацитет в *пф/м*	Вълново съпротивление в *ом*	Затихване *неп/м* за честота			Работно напрежение във *в*
			38—40 *мгхц*	144—146 *мгхц*	420—425 *мгхц*	
РД-13	58	85	0,0110	0,022	0,040	1
РД-14	40	130	0,0045	0,010	0,018	4,5
РД-15	34	150	0,0056	0,013	0,023	4,5
РД-16	25	200	0,0056	0,013	0,023	4,5
РД-17	50	100	0,0045	0,010	0,018	4,5
РД-18	45	100	0,0110	0,022	0,040	1,5
РД-26	25	200	0,0056	0,013	0,023	3,0
КАТВ	13	300	0,0018	0,0034	0,006	—

9. Телевизионни канали

Според стандарта ОИРТ

Брой на линиите — 625; ширина на канала — 8 *мгхц*

Обхват	Канал	Гранични честоти на канала в *мгхц*	Носеща честота на образа в *мгхц*	Носеща честота на звука в *мгхц*
I	1	48,5—56,5	49,75	56,25
	2	58—66	59,25	65,75
	3	76—84	77,25	83,75
II	4	84—92	85,25	91,75
	5	92—100	93,25	99,75
III	6	174—182	175,25	181,25
	7	182—190	183,25	189,75
	8	190—198	191,25	197,75
	9	198—206	199,25	205,75
	10	206—214	207,25	213,75
	11	214—222	215,25	221,75
	12	222—230	222,25	229,75

Според стандарта CCIR

Брой на линиите — 625; ширина на канала — 7 *мгхц*

	1	40— 47	42,25	46,75
	2	47— 54	48,25	53,75
	3	54— 61	55,25	60,75
	4	61— 68	62,25	67,75
	5	174—181	175,25	180,75
	6	181—188	182,25	187,75
	7	188—195	189,25	194,75
	8	195—202	196,25	201,75
	9	202—209	203,25	208,75
	10	209—216	210,25	215,75
	11	216—223	217,25	222,75

10. Таблица на телевизионните станции в България

Съгласно Стокхолмската конференция — 1961 г.

Наименование на станцията	Канал	Мощност в *квт*	Височина с антената в *м*	Поляризация
Михайловград	12	50	560	хоризонтална
Димитрово (Черни връх)	1	100	2300	„
София	7	50	700	„
Благоевград	10	50	1480	„
Ботев I	9	250	2500	„
Ботев II	11	250	2400	„
Варна	1	50	330	„
Бургас I	7	100	200	„
Бургас II	12	50	200	„
Преспа	5	100	2000	„
Коларовград	3	100	550	„
Гоце Делчев	3	50	750	„

11. Сравнителна таблица на основните данни за съществуващите телевизионни системи

Характеристики	Системи 405	525	625	белгийски 625	ОИР 625	819	белгийски 819
Брой на редовете в кадъра	405	525	625	625	625	819	819
Ширина на видеоканала в *мгхц*	3	4	5	5	6	10,4	5
Ширина на целия телевизионен канал в *мгхц*	5	6	7	7	8	14	7
Презредна развивка	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1
Системата работи независимо от честотата на токоизточника	да	да	да	да	да	да	да
Честота на редовете *в хц*	10125	15750	15625 ± 0,1 %	15625 ± 0,1 %	15625 ± 0,05%	20475	20475 ± 0,1 %
Честота на полукадрите в *хц*	50	60	50	50	50	50	50
Честота на кадрите в *хц*	25	30	25	25	25	25	25
Формат на кадъра (отношение на ширината към височината)	4/3	4/3	4/3	4/3	4/3	4/3	4/3
Тип на модулацията за изображението	амплитудна	амплитудна	амплитудна	амплитудна	амплитудна	амплитудна	амплитудна
Поляризация на модулацията за изображението	положителна	отрицателна	отрицателна	положителна	отрицателна	положителна	положителна
Модулация на звуковия съпровод	A_3	F_3	F_3	A_3	$F_3 \pm 50$ кхц	A_3	A_3
Отношение на мощностите на предавателите за изображението и звука	4/1	2/1 до 2/3	5/1	4/1	2/1 до 5/1	4/1	4/1
Приблизителната стойност на излъчения гама (γ)-сигнал	0,4 до 0,5	0,45	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5

12. Честоти за радиоразпръскване на УКВ-ЧМ

За организирането на радиоразпръсквателни мрежи за УКВ-ЧМ честотите в обхвата 66—73 *мгхц* се разпределят в така наречените честотни набори. Това се прави главно с оглед да не си пречат различните радиопредавателни станции както вътре в страната, така също и между съседните или близки страни.

Честоти от 20 честотни набора за организиране на 4 програми

Програми и честоти / Честотни набори	Централни програми			Местна програма
	честота в *мгхц*			
ЧМ-1	66,68	67,46	65,90	68,24
ЧМ-2	66,74	67,52	65,96	68,36
ЧМ-3	66,80	67,58	66,02	68,48
ЧМ-4	66,86	67,64	66,08	68,60
ЧМ-5	66,92	67,70	66,14	68,72
ЧМ-6	66,98	67,76	66,20	68,84
ЧМ-7	67,04	67,82	66,26	68,96
ЧМ-8	67,10	67,88	66,32	69,08
ЧМ-9	67,16	67,94	66,38	69,20
ЧМ-10	67,22	68,00	66,44	69,32
ЧМ-11	71,66	70,88	72,44	69,56
ЧМ-12	71,72	70,94	72,50	69,68
ЧМ-13	71,78	71,00	72,56	69,80
ЧМ-14	71,84	71,06	72,62	69,92
ЧМ-15	71,90	71,12	72,68	70,04
ЧМ-16	71,96	71,18	72,74	70,16
ЧМ-17	72,02	71,24	72,80	70,28
ЧМ-18	72,08	71,30	72,86	70,40
ЧМ-19	72,14	71,36	72,92	70,52
ЧМ-20	72,20	71,42	72,98	70,64

Разпределение на честотите за радиоразпръскване на УКВ-ЧМ в НР България

Станция	Надморска височина в *м*	Мощност в *квт*	Честотен набор	Централни програми			Местна програма	Поляризация
				честота в *мгхц*				
Димитрово	2300	500	2/4	66,74	67,52	65,96	68,60	х
Михайловград	600	1000	8	67,10	67,88	66,32	69,08	х
Гоце Делчев	1300	100	19	72,14	71,36	72,92	70,52	х

Продължение

Станция	Надморска височина в *м*	Мощност в *квт*	Честотен набор	Централни програми			Местна програма	Поляризация
				честота в *мгхц*				
Пловдив	200	250	4/2	66,86	67,64	66,08	68,36	x
Петрич	550	100	17	72,02	71,24	72,80	69,98	x
Бургас	550	100	9+30 9—30	67,19	67,97	66,41	69,17	x
Коларовград	550	1000	13	71,78	71,00	72,56	69,80	x
Варна	330	100	10+90	67,31	68,09	66,53	69,41	x
Ямбол	550	500	3	66,80	67,58	66,02	68,48	x
Ботев	2400	1000	11	71,66	70,88	72,44	69,56	x
Елхово	600	250	20+30	72,23	71,45	73,01	70,67	x
Благоевград	1500	100	6	66,98	67,76	66,20	68,84	x
Кърджали	2000	100	1—60	66,62	67,40	65,84	68,18	x
София	700	250	10+60 9+60	67,28	68,06	66,50	69,26	x
Ст. Загора	600	1000	16—60	—	—	—	70,22	x

13. Основни свойства на някои диелектрици

Материали	Диелектрична проницаемост ε	Тангенс от ъгъла на диелектричните загуби при *f*=1 *мгхц*	Топлоустойчивост в °C	Специфично тегло в *г/см³*
Азбест	—	—	400	2,5
Аминопласт	8	0,1	100	1,3
Бакелит (в стадий С)	4,5	0,01	—	1,25
Битум	3	0,01	30 -175	1,1
Бреза (суха)	3,5	0,02	—	0,7
Восък пчелен	2,8	0,0025	65	0,97
Галовакс	5	0,008	110	1,6
Ебонит	3,5	0,01	70	1,25
Електрокартон	3,5	0,03	100	2
Ескапон	2,7	0,0005	110	1
Канифол	3	0,005	85	1,6
Капрон	3,8	0,03	90	1,2
Карболит	4,5	0,09	110	1,4
Каучук	4	0,03	50	1,5
Коприна естествена	4,5	0,02	100	—

Продължение

Материали	Диелектрична проницаемост ε	Тангенс от ъгъла на диелектричните загуби при f=1 *мгхц*	Топлоустойчивост в °С	Специфично тегло в *г/см*^{3}
Лакотъкан светла	4	0,1	105	1,1
Лакотъкан черна	3,5	0,1	105	1,1
Микалекс	9	0,002	400	3
Мрамор	9	0,01	100	2,7
Озокерит	2,9	0,0004	75	0,94
Парафин	2,3	0,0005	50	0,92
Пирофилит	6	0,007	1000	2,5
Плексиглас	3,5	0,06	60	1,2
Полистирол	2,5	0,0002	65	1,05
Политетрафторетилен (тефлон)	2	0,0002	до 200	2,2
Полиетилен (политен)	2,2	0,0003	70	0,94
Полихлорвинил	4	0,04	65	1,6
Порцелан електротехнически	6	0,01	1000	2,4
Радиопорцелан	6,5	0,0005	1000	2,6
Радиостеатит	7	0,0008	1000	2,8
Силициевоорганични материали	3	0,0008	200	—
Слюда	7	0,0004	500	2,8
Стъкло	8	0,004	1000	3
Текстолит	4	—	120	1,4
Тиконд	100	0,0006	1000	4
Фибър	5	0,07	100	1,2
Целулоид	3,5	0,1	50	1,7
Церезин	2,2	—	75	0,95
Шеллак	3,5	0,01	85	1,03

Забележка. Данните са за средни стойности.

14. Специфично съпротивление и температурен коефициент на някои материали

Материал	Специфично съпротивление ρ при 20°С $\frac{ом.мм^2}{м}$	Температурен коефициент α_t при 20°С
Сребро	0,016	0,0038
Мед	0,0175	0,004
Бронз	0,018—0,056	—

Продължение

Материал	Специфично съпротивление ρ при 20°C $\frac{ом\ мм^2}{м}$	Температурен коефициент α_t при 20°C
Злато	0,023	0,004
Алуминий	0,028	0,0038
Волфрам	0,055	0,0041
Цинк	0,063	0,0037
Месинг	0,07÷0,09	0,0015
Никел	0,08÷0,011	0,0037÷0,006
Стомана	0,10÷0,15	0,0045÷0,006
Калай	0,11	0,0042
Платина	0,11÷0,14	0,002÷0,003
Олово	0,21	0,0042
Алпака	0,80	0,00025
Никелин	0,42	0,00023
Манганин	0,43	—0,00001
Реотан	0,47	0,00023
Константан	0,49	—0,00003
Нихром	1,1	0,0001
Кантал	1,40	0,000014

15. Данни за действуващите радиопредаватели на дълги и средни вълни

Номер на канала	Честота в *кхц*	Дължина на вълната в *м*	Наименование на станцията и страната	Мощност в *квт* по плана в Копенхаген
Дълги вълни				
1	155	1935	Брашов—Румъния, Тромза—Норвегия	150,10
			Хамбург—ГФР	50+
2	164	1829	Алуис—Франция	450
3	173	1734	Москва I—СССР	500
			Мюнхен—ГФР	1000+
4	182	1648	Рейкиавик—Исландия	100
			Анкара—Турция	120
			Берлин—ГДР	300+
5	191	1571	Мотала—Швеция	200
			Тбилиси—СССР	— +
6	200	1500	Дройтвич—Великобритания	400
			Москва—СССР	— +
7	209	1435	Киев—СССР	150

Продължение

Номер на канала	Честота в *кхц*	Дължина на вълната в *м*	Наименование на станцията и страната	Мощност в *квт* по плана в Копенхаген
8	218	1376	Осло—Норвегия	200
			Баку—СССР	— +
9	227	1322	Варшава—Полша	500
	233		Люксембург—Люксембург	500+
10	236	1271	Ленинград—СССР	100
11	245	1224	Калундборг—Дания	150
12	254	1181	Лахти—Финландия	200
13	263	1141	Москва—СССР	150
			Берлин—ГДР	150
14	272	1103	Прага II—Чехословакия	200
15	281	1068	Минск—СССР	100

Средни вълни

Номер на канала	Честота в *кхц*	Дължина на вълната в *м*	Наименование на станцията и страната	Мощност в *квт* по плана в Копенхаген
1	529	567	Беромюнстер—Швейцария	150
			Шверин—ГДР	20
2	539	557	Будапеща I—Унгария	135
3	548	547	Харков—СССР	100
			Мюнхен—ГФР	100+
4	557	539	Хелзинки—Финландия	100
5	566	530	Атлон—Ирландия	100
			Ирак	100+
6	575	522	Рига—СССР	100
			Щутгарт—ГФР	100+
			Лайпциг—ГДР	100+
7	58[illegible]	514	Виена I—Австрия	120
			Мадрид—Испания	150
8	593	506	Зуидевал—Швеция	150
			София II—България	60
			Франкфурт—ГФР	100+
9	602	498	Лион—Франция	150
10	611	491	Рабат—Мароко	120
			Берлин—ГДР	500+ X
			Сараево—Югославия	100+
11	620	484	Брюксел I—Белгия	150
			Кайро—ОАР	100+
12	629	477	Вигра—Норвегия	100
			Тунис II—Тунис	120
			Ерфурт—ГДР	20+
13	638	470	Прага I—Чехословакия	150
			Лимизол—Кипър	100+
14	647	464	Давентри—Великобритания	150
			Симферопол—СССР	100

Продължение

Номер на канала	Честота в *кхц*	Дължина на вълната в *м*	Наименование на станцията и страната	Мощност в *квт* по плана в Копенхаген
15	656	457	Фиренце I—Италия	80
			Неапол I—Италия	80
			Торино I—Италия	45
15	656	457	Потсдам—ГДР	20+
16	665	451	Вилнус—СССР	100
17	674	445	Реиес—Франция	150
			Ростов—СССР	100
18	683	439	Белград—Югославия	150
			Берлин—ГФР	100+
19	692	434	Никозия—Кипър	20
			Моорзиде—Великобритания	150
20	701	428	Банска Бистрица—Чехословакия	100
			Истанбул—Турция	150+
21	710	423	Марсилия—Франция	150
			Сталино—СССР	150
22	719	417	Лисабон—Португалия	120
			Дамаск—Сирия	50
			Мюихен—ГФР	135+
			Остерзунд—Швеция	150+
23	728	412	Атина—Гърция	150
24	737	407	Познан—Полша	300
			Йерусалим—Палестина	100
25	746	402	Хилверсум I—Холандия	120
26	755	397	Лисабон II—Португалия	135
			Тимишуара—Румъния	50
27	764	393	Сотен—Швейцария	150
28	773	388	Стокхолм—Швеция	150
			Кайро—ОАР	100
29	782	384	Бург—Германия	250
			Киев—СССР	100
30	791	379	Солун—Гърция	50
			Лимоге I—Франция	100
31	800	375	Ленинград—СССР	100
			Мюихен—ГФР	100+
32	809	371	Бургад—Великобритания	100
			Вестерглед—Великобритания	100
33	818	367	Варшава II—Полша	150
			Андора—Андора	100+
			Батра—ОАР	300+
34	827	363	София—България	100
			Фрайбург—ГФР	40+
35	836	359	Нанси—Франция	150
36	845	355	Рим—Италия	150

Продължение

Номер на канала	Честота в кхц	Дължина на вълната в м	Наименование на станцията и страната	Мощност в квт по плана в Копенхаген
37	854	351	Букурещ—Румъния	150
38	863	348	Париж I—Франция	150
39	872	344	Москва III—СССР	150
			Франкфурт—ГФР	150+
40	881	341	Титоград—Югославия	20
			Вашфорд—Великобритания	150
			Кьонигвистерхаузен—ГДР	100
41	890	337	Алжир—Алжир	100
42	899	334	Милано—Италия	150
43	908	330	Лондон—Великобритания	140
			Багдад—Ирак	200
44	917	327	Любляна—Югославия	135
45	926	324	Брюксел—Белгия	150
46	935	321	Лвов—СССР	100
47	944	318	Тулуза—Франция	100
48	953	315	Бърно—Чехословакия	100
			Пилзен—Чехословакия	15
			Будьовице—Чехословакия	5
49	962	312	Турку—Финландия	100
			Тунис—Тунис	120
50	971	309	Хамбург—ГФР	100+
			Лангеберг—ГФР	100+
51	980	306	Гьотеборг—Швеция	150
			Алжир II—Алжир	200
52	989	303	Берлин—ГФР	300+
53	998	301	Кишинев—СССР	100
			Андора—Андора	100+
54	1007	298	Хилверсум II—Холандия	120
55	1016	295	Майнц—Волфшайм	120+
56	1025	293	Добъл—Австрия	100
			Краищорф—Австрия	100
57	1034	290	Талин—СССР	100
58	1043	288	Дрезден-Вилсдорф—ГДР	200+
59	1052	285	Стартг-Поант—Великобритания	120
60	1061	283	Сан-Салвадор—Португалия	50
			Калундборг—Дания	60
61	1070	280,5	Париж II—Франция	100
62	1079	278	Катовице—Полша	60
63	1088	275,5	Дроитвич—Великобритания	150
64	1097	273,5	Братислава I—Чехословакия	150
65	1106	271	Вилнус—СССР	100
			Щутгарт—ГФР	100

Продължение

Номер на канала	Честота в *кхц*	Дължина на вълната в *м*	Наименование на станцията и страната	Мощност в *квт* по плана в Копенхаген
66	1115	269	Болоня—Италия	50
			Бари II—Италия	40
67	1124	267	Ленинград III—СССР	20
			Варна—България	5
68	1133	265	Загреб—Югославия	135
69	1142	262,5	Калининград—СССР	20
			Оран—Алжир	40
70	1151	261	Лизнагярвету—Великобритания	100
			Стагсхов—Великобритания	100
71	1160	258,1	Страсбург—Франция	150
72	1169	257	Одеса—СССР	150
73	1178	254,5	Хьорби—Швеция	100
74	1187	253	Будапеща—Унгария	135
75	1196	251	Мюнхен—ГФР	300+
76	1205	249	Бордо—Франция	100
			Варшава—Полша	150
77	1214	247	Брокманс—Великобритания	60
			Курск—СССР	20
78	1223	245	Фалун—Швеция	100
			Стара Загора—България	20
79	1232	243,5	Прага II—Чехословакия	100
80	1241	242	Вааса—Финландия	50
			Тираспол—СССР	20
81	1250	240	Балатонзабади—Унгария	135
82	1259	238,5	Родос—Гърция	150+
			Вроцлав—Полша	50
83	1268	236,5	Белград—Югославия	135
84	1277	235	Лил—Франция (Страсбург II)	100
85	1286	233,5	Кошице (Прага II)—Чехословакия	100
86	1295	231,5	Шарлотенбург—ГФР	100
87	1304	230	Щетин—Полша	50
			Гданск—Полша	30
88	1313	228,5	Ставангер—Норвегия	100
89	1322	227	Лайпциг—ГДР	150+
			Харков—СССР	100
90	1331	225,5	Рим I—Италия	80
			Генуа I—Италия	50
91	1340	224	Гровборуг—Великобритания	150
92	1349	222,4	Тулуза—Франция	20
93	1358	220,9	Берлин—ГДР	20+
94	1367	219,5	Торун—Полша	24
95	1376	218	Лил I—Франция	150
96	1385	216,6	Мадрид—Испания	100

Продължение

Номер на канала	Честота в *кхц*	Дължина на вълната в *м*	Наименование на станцията и страната	Мощност в *квт* по плана в Копенхаген
			Каунас—СССР	150
97	1394	215,2	Грац—Австрия	25
98	1403	213,8	Брест—Франция	20
			Ница II—Франция	20
99	1412	212,5	Сплит—Югославия	50
100	1421	211	Саарбрюкен—ГФР	100
101	1430	209,8	Скив—Дания	70
102	1439	208,4	Люксембург—Люксембург	350
103	1448	207,2	Торино II—Италия	20
104	1457	205,9	Клеведон—Великобритания	20
			Кратова—Румъния	20
105	1466	204,6	Монте Карло—Монако	120
106	1475	203,4	Виена I—Австрия	150
107	1484	202,2	София—България	5
108	1493	200,9	Гомел—СССР	20
109	1502	199,7	Краков—Полша	60
110	1511	198,5	Брюксел—Белгия	20
111	1520	197,4	Прага II—Чехословакия	20
112	1529	196,1	Ватикана	120
113	1538	195	Равенсбург—ГФР	40
114	1546	194	Виница—СССР	5
115	1554	193	Ница I—Франция	50
116	1562	192,1	Амалиада—Гърция	1+
117	1570	191,1	Фленсбург—ГФР	10
118	1578	190,1	Фридрихщад—Норвегия	10
119	1586	189,2	Хановер—ГФР	40
120	1594	188,2	Бялисток—Полша	30
121	1602	187,4	Нюренберг—ГФР	40+

Забележка. Станциите, срещу които има поставено „+“ в последната графа, незаконно ползуват посочените вълни.

16. Медни емайлирани проводници

Диаметър на проводника без изолацията в *мм*	Напречно сечение в *мм*²	Съпротивление на 1 *м* при 20°С в *ом*	Допустимо натоварване при плътност на тока 2 *а/мм*² в *а*	Диаметър с изолацията в *мм*	Тегло на 100 *м* с изолацията в *г*
0,05	0,0020	9,29	0,0040	0,06	1,8
0,06	0,0028	6,44	0,0057	0,07	2,6

Продължение

Диаметър на проводника без изолацията в *мм*	Напречно сечение в *мм*²	Съпротивление на 1 *м* при 20°C в *ом*	Допустимо натоварване при плътност на тока 2 *а/мм*² в *а*	Диаметър с изолацията в *мм*	Тегло на 100 *м* с изолацията в *г*
0,07	0,0039	4,73	0,0077	0,08	3,5
0,08	0,0050	3,63	0,0101	0,09	4,6
0,09	0,0064	2,86	0,0127	0,10	5,8
0,10	0,0079	2,23	0,0157	0,115	7,3
0,11	0,0095	1,85	0,0190	0,125	8,8
0,12	0,0113	1,55	0,0226	0,135	10,4
0,13	0,0133	1,32	0,0266	0,145	12,1
0,14	0,0154	1,14	0,0308	0,155	14,0
0,15	0,0177	0,99	0,0354	0,165	15,2
0,16	0,0201	0,873	0,0402	0,175	18,3
0,17	0,0227	0,773	0,0454	0,185	20,60
0,18	0,0255	0,688	0,0510	0,195	23,1
0,19	0,0284	0,618	0,0568	0,205	25,8
0,20	0,0314	0,558	0,0628	0,215	28,5
0,21	0,0346	0,507	0,0692	0,230	31,6
0,23	0,0416	0,423	0,0832	0,250	37,8
0,25	0,0491	0,357	0,0982	0,270	44,5
0,27	0,0573	0,306	0,115	0,295	52,1
0,29	0,0661	0,266	0,132	0,315	60,1
0,31	0,0755	0,233	0,151	0,340	68,8
0,33	0,0855	0,205	0,171	0,360	77,8
0,35	0,0962	0,182	0,192	0,380	87,4
0,38	0,1134	0,155	0,226	0,410	103,0
0,41	0,1320	0,133	0,264	0,440	120,0
0,44	0,1521	0,115	0,304	0,475	138,0
0,47	0,1735	0,101	0,346	0,505	157,0
0,49	0,1885	0,0931	0,378	0,525	171,0
0,51	0,2043	0,0859	0,408	0,545	185,0
0,55	0,2376	0,0739	0,476	0,590	215,0
0,59	0,2734	0,0443	0,547	0,630	247,0
0,64	0,3217	0,0546	0,644	0,680	291,0
0,69	0,37393	0,0469	0,748	0,730	342,0
0,74	0,43008	0,0408	0,860	0,790	389,0
0,80	0,50265	0,0349	1,005	0,850	445,0
0,86	0,58088	0,0302	1,16	0,910	524,0
0,93	0,67929	0,0258	1,36	0,980	612,0
1,00	0,78540	0,0224	1,57	1,050	707,0
1,08	0,9161	0,0192	1,83	1,140	826,0
1,16	1,0568	0,0166	2,114	1,220	922,0
1,20	1,1310	0,0155	2,26	1,260	1022,0
1,25	1,2272	0,0143	2,45	1,310	1105,0
1,35	1,4314	0,0122	2,86	1,410	1288,0

Продължение

Диаметър на проводника без изолацията в *мм*	Напречно сечение в *мм*²	Съпротивление на 1 *м* при 20°C в *ом*	Допустимо натоварване при плътност на тока 2 *а/мм*² в *а*	Диаметър с изолацията в *мм*	Тегло на 100 *м* с изолацията в *г*
1,45	1,6513	0,0106	3,30	1,510	1486,0
1,56	1,9113	0,0092	3,822	1,620	1712,0
1,68	2,2167	0,0079	4,433	1;74	1992,0
1,81	2,5730	0,0068	5,146	1,87	2310,0
1,95	2,9865	0,0059	5,98	2,01	2680,0
2,02	3,2047	0,0055	6,409	2,08	2875,0
2,10	3,4637	0,0051	6,92	2,16	3110,0
2,28	4,0115	0,0044	8,023	2,32	3603,0
2,44	4,6759	0,0038	9,352	2,5	4210,0

Втора глава

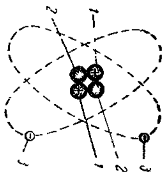
ОСНОВНИ СВЕДЕНИЯ ПО ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАДИОТЕХНИКА

1. Електронна теория

Строеж на веществото. Чрез електронната теория се обясняват най-точно строежът на материята и същността на електрическия заряд и електрическия ток.

Най-малката частица, която все още запазва характерните свойства на веществото, е *молекулата*. При сложните вещества молекулата се състои от по една или няколко по-малки частички — *атоми* на съставните елементи на веществото. При простите вещества (химическите елементи) молекулата се състои от еднородни атоми.

Съгласно електронната теория атомът не е най-малката неделима частица, както се е смятало преди, а е сложна материална система, съставена от още по-малки частици. Около положително зареденото ядро се движат определен брой малки частици, носители на отрицателен електрически заряд — *електрони*. В различните вещества броят на електроните е различен. Така водородният атом съдържа един електрон, хелиевият — два и т. н. Ядрото е съставено от два вида материални частици: *протони* — носители на положителен електрически заряд, и *неутрони* — без електрически заряд (фиг. 1). Протоните са многократно по-тежки от електроните, обаче електрическите заряди и на двата вида носители са еднакви по количество. Атом, на който броят на електроните е равен на броя на протоните, е електрически неутрален, тъй като зарядите на двата вида частички взаимно се неутрализират.



Фиг. 1. Строеж на атома на хелия

1, 2 — протони и неутрони, образуващи ядрото; *3* — електрони

Диаметърът на водородния атом е около една десетохилядна част от микрона, а диаметърът на електрона му е около една стомилионна част от микрона, т. е. електронът е 10 000 пъти по-малък от атома. Електрическият заряд на електрона е нищожно малък — $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ *кулона*, а масата му е $9{,}11 \cdot 10^{-28}$ *грама*.

Електрически заряд. При известни условия електрическото равновесие на атома може да се наруши. От него могат да се отделят един или няколко електрона и той се оказва зареден *положително*. Ако атомът придобие нови електрони, той получава *отрицателен заряд*. Такъв, изведен от неутрално състояние атом се нарича *йон*. В зависимост от характера на заряда му той бива *положителен* или *отрицателен*. Заредените с противоположни заряди

йони взаимно се привличат, при което се получават електрически неутрални частици от веществото. Ако в тялото преобладават положителни или отрицателни йони, това тяло е наелектризирано положително или отрицателно.

Обратно на електрическото зареждане при отделяне на частици от ядрото се получава така наречено разбиване на атома, при което се създава нов химически елемент.

Количеството на електрическия заряд q се измерва в *кулони*, като 1 *кулон* = 6,28 . 10^{18} *електрона*. Вместо кулон в практиката се използува единицата *ампер-секунда* или *ампер-час*:

1 *а/сек* = 1 *кулон*

1 *а/ч* = 3600 *кулона*

Електрическо поле. Пространството, в което се проявяват силите на привличане или отблъскване (създадени от наелектризираното тяло), се нарича *електрическо поле*. Действието на електрическите сили е толкова по-голямо, колкото е по-интензивно електрическото поле, т. е. колкото електрическият заряд е по-голям и по-близко разположен до тялото, върху което действува полето му.

Закон на Кулон. Силата на взаимодействието между две наелектризирани в различна степен или с разнородно електричество тела зависи от големината на електрическите им заряди q_1 и q_2 (*кулони*), от разстоянието между тях r (*м*) и средата, в която действува полето им (коефициент k):

$$P = k\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2},$$

където $k = \frac{1}{\varepsilon}$ (ε — диелектрична константа на средата).

Потенциал и потенциална разлика. Всяко наелектризирано тяло притежава скрита енергия, която винаги може да се използува за извършване на работа. Количеството притежавана от тялото скрита енергия характеризира неговия *електрически потенциал*. За да може да се извършва работа, необходимо е да имаме взаимодействие между тела с различни потенциали или между едно тяло с какъв и да е потенциал и земя (нулев потенциал). *Потенциална разлика* съществува както между две тела, така и между две точки от електрическото поле, имащи различни потенциали.

2. Електрически ток, напрежение и съпротивление

Проводимост на металите. В металите атомите са разположени в пространствени решетки и твърде силно си влияят един на друг. Електроните, движещи се по най-външните орбити, са слабо свързани с положително зареденото ядро и лесно могат да напуснат атома. Такива електрони се наричат *свободни*. Те се намират в състояние на непрекъснато хаотично движение с различна скорост, твърде много зависима от температурата. Тази различна скорост на свободните електрони и зависимостта ѝ от температурата са причина за т. нар. *термичен шум* в усилвателите с голям коефициент на усилване и широка честотна лента.

Най-голямо количество свободни електрони има в металите. Ако бъдат създадени подходящи условия (напр. прилагане на електродвижеща сила), свобод-

ните електрони започват да се движат в определена посока по металното парче. Това движение (поток) на свободни електрони се нарича *електрически ток.*

При протичането на електрически ток електроните, въпреки че получават определена посока в общия поток, запазват и своето самостоятелно безпорядъчно движение. Независимо че скоростта, с която се движи отделният електрон, е твърде малка, разпространението на електрическия ток от единия до другия край на метала става със скорост, близка до тази на светлината (300 000 *км/сек*).

Силата на електрическия ток се измерва в *ампери* (*а*) и се характеризира с количеството електричество, преминаващо за единица време през даден проводник. Силата на тока е 1 *а*, когато за 1 *сек* преминава 1 *кулон* електричество:

$$1\ a = \frac{1\ кулон}{1\ сек}$$

Производните единици на ампера са:

$$1\ микроампер\ (мка) = 10^{-6}\ ампера$$

$$1\ милиампер\ (ма) = 10^{-3}\ ампера$$

Изолатори, проводници, полупроводници. Тела, в които практически липсват свободни електрони, се наричат *изолатори.* При тях не съществува движение на електронен поток, а само положителни и отрицателни йони, които под действието на *едс* само се преориентират (поляризация на диелектрика).

Всички метали и въглеродът съдържат голямо количество свободни електрони и се наричат *проводници от първи род.* При тях протичането на ток не е свързано с химически изменения във веществото за разлика от *проводниците от втори род,* каквито са напр. електролитите и йонизираните газове.

Междинно място по съдържание на свободни електрони заемат *полупроводниците.* Характерно за тях е, че в точката на контактуване с друго тяло притежават изправително действие и се използуват като детекторни елементи. Такива вещества са например различни окиси, сулфиди, селен, силиций, германий и др.

Електродвижеща сила, напрежение. Протичането на електрически ток е възможно само ако в двата края на проводника е включен източник на електрическа енергия, т. е. съществува постоянна разлика в потенциалите между двете крайни точки. Способността на този токоизточник да извършва работата по пренасяне на електрически заряд от единия до другия край се нарича *електродвижеща сила* (*едс*). Електродвижещата сила се означава с буквата E и единица за измерването ѝ е *волт* (*в*). Производните единици на волта са:

$$1\ микроволт\ (мкв) = 10^{-6}\ волта$$

$$1\ миливолт\ (мв) = 10^{-3}\ волта$$

$$1\ киловолт\ (кв) = 10^{3}\ волта$$

Напрежението (разликата в потенциалите) U между две точки се измерва в същите единици. Разликата между електродвижещата сила и напрежението е, че докато *едс* е причината за пораждането на електрически ток, напрежението се явява като резултат на протичането на тока в затворена верига.

С други думи, за *едс* говорим, преди да е включена към токоизточника външна верига. Напрежението пък възниква във всяка част от затворената електрическа верига, съдържаща съпротивлеиие, в това число и вътрешното съпротивлеиие на токоизточника.

Източниците иа постоянен ток имат определена полярност. Прието е за посока на електрнческия ток да се смята посоката, обратиа на движението на електроните. Значи, токът във външната верига иа токоизточника протича от положителния към отрицателния му полюс.

Електрическо съпротивление. Противодействието, което електрическият ток среща в резултат на сблъскването между свободните електрони и атомите, се нарича ***електрическо съпротивление.*** При постоянния ток то зависи от материала на проводника, дължината и напречиото му сечеиие.

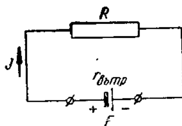
$$R = \frac{\rho l}{q} \text{ (ом)},$$

където

l е дължината иа проводника (*м*);

q — напречното сечение (*мм*^{2}).

В горната формула с ρ е означено специфичното съпротивлеиие на материала, т. е. съпротивлението, което оказва проводникът от този материал с дължииа 1 *м*, сечение 1 *мм*^{2} при температура 20°С. Съпротивлеиието на проводника зависи също така и от неговата температура:



Фиг. 2. Затворена електрическа верига

$$R = R_0[1 + \alpha_t(t - 20^0)],$$

където

R е съпротивлеиието при температура t°С (*ом*);

R_0 — съпротивлението при 20°С (*ом*);

α_t — температуреи коефициент на материала.

Специфичното съпротивление ρ и температурният коефициент α_t за различии материали са дадени в отделна таблица (гл. 1, т. 14).

Основиата единица за съпротивлеиието е *ом*, а иеговите производни са:

$$1 \text{ килоом (ком)} = 10^3 \text{ ома}$$

$$1 \text{ мегаом (мом)} = 10^6 \text{ ома}$$

Понякога се използува реципрочиата стойност иа съпротивлението — електрическата проводимост G:

$$G = \frac{1}{R},$$

чиято основиа единица е *мо*. Съответно специфичиата проводимост ще бъде:

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

Електрическа верига. Закон на Ом. Ако към токоизточиика включим едно или няколко съпротивления (коисуматори), получаваме ***затворена електрическа верига*** (фиг. 2). Преминаващият във веригата ток I зависи от *едс*

на токозахранващия източник E и общото съпротивление R, включващо и вътрешното съпротивление на токоизточника:

$$I = \frac{E}{R_0}, \text{ където } R_0 = R + r_{вътр}$$

Напрежението, което се получава върху всеки участък от веригата, се определя по същия закон. Така напрежението U, получаващо се върху съпротивлението R, е:

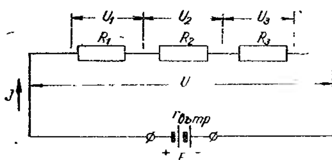
$U = I.R$, където U (*в*), I (*а*) и R (*ом*) и се нарича *падение на напрежението* върху съпротивлението R.

Свързване на съпротивленията. В електрическата верига съпротивленията могат да бъдат свързани в най-различни комбинации, които се свеждат до два основни вида — *последователно* (серийно) *и паралелно* (успоредно) свързване.

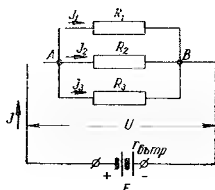
Еквивалентното съпротивление на няколко последователно свързани съпротивления (фиг. 3) е:

$$R_0 = R_1 + R_2 + R_3$$

или изобщо при n еднакви съпротивления $R_0 = n.R$.



Фиг. 3. Последователно свързване на съпротивления



Фиг. 4. Паралелно свързване на съпротивления

Еквивалентното съпротивление на няколко паралелно свързани съпротивления (фиг. 4) е:

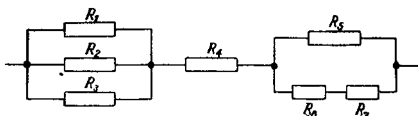
$$R_0 = \frac{R_1R_2R_3}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}$$

или изобщо при n еднакви съпротивления $R_0 = \frac{R}{n}$.

В много случаи са възможни и по-сложни комбинации от най-различно свързани съпротивления — *смесено* свързване (фиг. 5). Общото съпротивление намираме чрез последователно изчисляване на еквивалентните съпротивления в отделните разклонения и свеждане на веригата до няколко последователно свързани съпротивления.

Закони на Кирхоф. Първият закон на Кирхоф се отнася за случаите, когато в електрическата верига има разклонения, съставени от паралелно свързани съпротивления (фиг. 4). Сумата от токовете, преминаващи през отделните клонове на веригата, е равна на общия ток в точката на разклонението. За точка A от фиг. 4 ще имаме

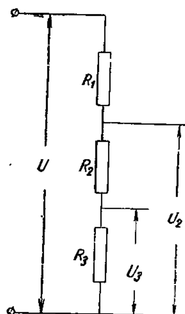
$$I = I_1 + I_2 + I_3.$$



Фиг. 5. Смесено свързване на съпротивления

От горния закон на Кирхоф може да се изведе следствието, че токовете в отделните клонове са обратно пропорционални на съпротивленията им. За фиг. 4 това дава

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}; \quad \frac{I_1}{I_3} = \frac{R_3}{R_1}; \quad \frac{I_2}{I_3} = \frac{R_3}{R_2}.$$



Фиг. 6. Съпротивителен делител на напрежение

Първият закон на Кирхоф намира приложение например при изчисляване шунтовете на многообхватните милиампермери.

Вторият закон на Кирхоф гласи: сумата от *едс* в електрическата верига е равна на сумата от паденията на напрежения в нея. Приложен за частния случай от фиг. 4, този закон ни дава следната зависимост:

$$E = I \cdot r_{\text{вътр}} + I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 =$$
$$= I \cdot r_{\text{вътр}} + U_1 + U_2 + U_3.$$

Този закон намира практическо приложение при изчисляването на различни съпротивителни делители, съставени от няколко последователно свързани съпротивления. На фиг. 6 е показан такъв делител, при изчислението на който най-често са дадени общото напрежение U, общото съпротивление $R = R_1 + R_2 + R_3$ и напреженията U_1 и U_2, които трябва да получим от делителя. Тъй като токът във веригата е еднакъв, то отношението на напреженията в който и да е участък от веригата е равно на отношението на съпротивленията, върху които са получени тези напрежения: $\frac{U}{U_3} = \frac{R}{R_3}$, откъдето $R_3 = \frac{U_3}{U} R$

По същия начин имаме $\frac{U}{U_2} = \frac{R}{R_2 + R_3}$, откъдето: $R_2 = \frac{U_2}{U} \cdot R - R_3$; $R_1 = R - (R_2 + R_3)$. В случай, че изходът на делителя (напр. U_3) е натоварен със съпротивление, съизмеримо с R_3, товарното съпротивление трябва да се вземе предвид при изчислението като паралелно свързано към R_3.

Мощност и работа на електрическия ток. *Електрическата мощност* при постоянния ток може да се изрази чрез уравнението

$$P = U \cdot I \quad \text{или} \quad P = I^2 R.$$

Основната единица за измерване на мощността е *ват.* В сравнение с единицата за механическа мощност — *конската сила* (*к. с.*), ватът е много по-малък:

$$1 \text{ к. с.} = 736 \text{ вт} = 0{,}736 \text{ квт}$$

$$1 \text{ квт} = 1{,}36 \text{ к. с.}$$

Произведението от мощността по времето, през което е била включена електрическата верига, наричат *работа на електрическия ток:*

$$A = P \cdot t$$

Оттук можем да извлечем познатата дефиниция за електрическата мощност — това е работата, която електрическият ток извършва за единица време.

Работата се измерва във *ватсекунда* или в по-удобната производна единица *киловатчас* (1 *квтч* = $3{,}6 \cdot 10^6$ *втсек*).

Топлинно действие на тока. При преминаването на електрическия ток през проводника вследствие на сблъскването на електроните с атомите се получава отделяне на топлина. Количеството отделена топлина Q се изчислява по закона на Джаул:

$$Q = 0{,}24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t \ (\text{малки калории})$$

Топлинното действие на тока намира приложение при направата на различни отоплителни уреди и предпазители.

Плътност на тока. Плътността на тока е онази негова стойност, отговаряща на 1 *мм*² от сечението на проводника. Означава се с δ и се измерва в *а/мм*².

За да се избегне прекомерното загряване на проводниците от преминаващия през тях ток, установени са допустими максимални плътности на тока, които за различните случаи зависят от конструкцията на съответния прибор, условията за охлаждане и издръжливостта на изолацията и проводника. Ето и някои от по-често срещащите се случаи:

мрежови и *нч* трансформатори под 100 *вт*: $\delta = 1$—2 *а/мм*²;
мрежови и *нч* трансформатори над 100 *вт*: $\delta = 2$—3 *а/мм*²;
релета, електромагнити и др. при краткотрайно натоварване: $\delta = 4$—5 *а/мм*²;
дросели, релета, многослойни жични съпротивления: $\delta = 3$—4 *а/мм*²;
еднослойни жични съпротивления: $\delta = 5$—10 *а/мм*²;
електронагревателни уреди: $\delta = 10$—15 *а/мм*².

3. Променлив ток

Получаване на променлив ток. За разлика от правия ток, който има постоянна сила и направление (фиг. *7а*), и пулсиращия ток, който изменя само силата си (фиг. *7б*), променливият ток периодически изменя своята сила (стойност) и направление (фиг. *7 в*). Докато посоката на постоянния ток може да бъде сменена само след външно превключване на полюсите на източника, посоката на променливия ток се изменя непрекъснато през равни интервали от време.

Най-простият начин за получаване на променлив ток е чрез въртене на проводникова рамка между полюсите на магнит. Полученият при това въртене ток има представената на фиг. *7в* синусоидална форма. Променлив ток може да бъде получен и от различните видове електронни *LC* и *RC* генератори, при което той може да бъде както синусоидален, така и с друга по-сложна форма.

Фиг. 7. Сравнение между постоянен пулсиращ и променлив ток

Период и честота на променливия ток. Времето, за което променливият ток извършва един пълен цикъл в своето изменение, т. е. започва от 0, минава през двата максимума (положителен и отрицателен) и стига отново до 0, се нарича период. Означава се с T (фиг. *7в*) и се измерва в секунди.

Броят на периодите за една секунда се нарича честота на променливия ток f:

$$f = \frac{1}{T}$$

Честотата се измерва в *херци* (*хц*). Освен това използват се и следните производни единици:

1 *килохерц* (*кхц*) = 1000 *хц*

1 *мегахерц* (*мгхц*) = 1000 *кхц* = 1 000 000 *хц*

Променливият ток с честота няколко десетки килохерца и нагоре може да се използува за безжично радиоразпръскване с помощта на електромагнитни вълни. За такъв променлив ток вместо честота понякога се употребява *дължина на вълната* (λ). Това е разстоянието, което изминава електромагнитната вълна за време, отговарящо на един период от променливия ток:

$$\lambda = \frac{c}{f} \ (м),$$

където

c е скоростта на разпространение на светлината (300 000 *км/сек*);

f — честотата (*хц*).

За обръщане на честотата в дължина на вълната и обратно се използува формулата

$$\lambda\,(м) = \frac{300}{f\,(мгхц)}.$$

Честотите от 20 *хц* до около 20 *кхц* се наричат *звукови*, тъй като могат да задействуват мембраната на високоговорителя или слушалката и да предизвикат слухово възприятие — определен тон. В този обхват попада и честотата 50 *хц* (някъде 60 *хц*), използувана в променливотоковите енергийни източници — *индустриална честота*.

Честоти над 10 *кхц* могат да се използуват за безжично радиоразпръскване и се наричат *радиочестоти*. Често обхватът от няколко десетки килохерца над звуковия се нарича *ултразвуков обхват*.

Честотният спектър на използуваните за радиоразпръскване честоти има следния вид:

$f = 10$ *кхц* — 300 *кхц* ($\lambda = 30$ *км* — 1 *км*) — *дълги вълни*

$f = 300$ *кхц* — 3 *мгхц* ($\lambda = 1000$ *м* — 100 *м*) — *средни вълни*

$f = 3$ *мгхц* — 30 *мгхц* ($\lambda = 100$ *м* — 10 *м*) — *къси вълни*

$f = 30$ *мгхц* — 300 *мгхц* ($\lambda = 10$ *м* — 1 *м*) — *УКВ* (*метрови вълни*)

$f = 300$ *мгхц* — 3000 *мгхц* ($\lambda = 1$ *м* — 10 *см*) — *дециметрови вълни*

$f = 3000$ *мгхц* — 30 000 *мгхц* ($\lambda = 10$ *см* — 1 *см*) — *сантиметрови вълни*

$f = 30\,000$ *мгхц* — 300 000 *мгхц* ($\lambda = 10$ *мм* — 1 *мм*) — *милиметрови или микровълни*

Амплитудна, ефективна и средна стойност на променливия ток. Максималната стойност, която променливият ток достига (два пъти във всеки период), се нарича амплитудна стойност I_m (фиг. 8). При синусоидалното напрежение двете амплитуди във всеки период са еднакви по абсолютна стойност и обратни по знак.

Най-често се отчита ефективната стойност на променливия ток $I_{еф}$, която числено съответствува на постоянния ток, отделящ едно и също количество топлина в дадено съпротивление:

$$I_{еф} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0{,}707\,I_m$$

или

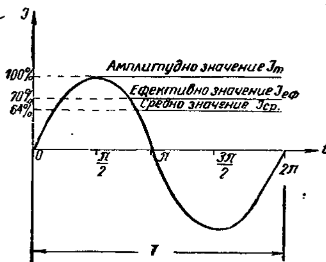
$$I_m = 1{,}414\,I_{еф}.$$

Ефективната стойност дава най-точна представа за променливия ток и напрежение независимо от формата и симетрията на неговата крива. Затова обикновено измерителните уреди — волтмери и амперметри — се градуират в ефективни стойности.

Средноаритметичната величина на всички стойности, които токът получава през един полупериод, се нарича **средна стойност** на променливия ток

$$I_{ср} = 0{,}636\ I_m = 0{,}9\ I_{еф}$$

Тъй като средната стойност за един цял период е нула, за средна стойност се говори само при изправения (пулсиращ) или несиметричния спрямо абсцисната ос променлив ток.



Фиг. 8. Синусоидална форма на променлив ток

Когато се говори изобщо за променлив ток или напрежение, трябва да се разбира неговата ефективна стойност.

Споменатите по-горе съотношения между I_m, $I_{еф}$ и $I_{ср}$ остават същите и за напреженията U_m, $U_{еф}$ и $U_{ср}$. На фиг. 8 са показани приблизителните процентни стойности на ефективните и средните стойности относно амплитудата на променливия ток.

И на края моментната стойност на тока или напрежението за която и да е точка от кривата е:

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$u = U_m \sin \omega t,$$

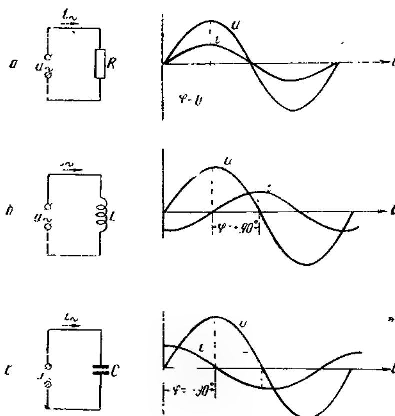
където $\omega = 2\pi f$ е ъгловата честота (броят на периодите за 2π -- 6,28 секунди).

Фаза и фазово изместване. Напрежението и токът в дадена променливотокова верига са във *фаза*, когато те достигат едновременно съответствуващите си моментни стойности. По-характерни съответствуващи стойности, които могат да служат за сравняване по фаза между двете величини, са положителният или отрицателният максимум в даден период или още по-удобно — нулевата стойност (пресичането на абсцисната ос). Когато тези стойности се достигат едновременно, двете сравнявани величини са във фаза (фиг. 9 *а*).

Когато едната от тези величини, напр. токът i, достигне нулевата си стойност по-рано от напрежението (фиг. 9 *б*), казваме, че токът изостава по фаза

спрямо напрежението, а когато пък достига тази своя стойност след напрежението (фиг. 9 *в*) — той го изпреварва по фаза.

Изоставане на тока спрямо напрежението се получава при индуктивен характер на веригата, а изпреварване — при капацитивен характер. Съвпадане по фаза на тока и напрежението ще имаме при чисто активен товар (схемите вляво на фиг. 9).



Фиг. 9. Фазови съотношения между напрежението и тока в различни вериги

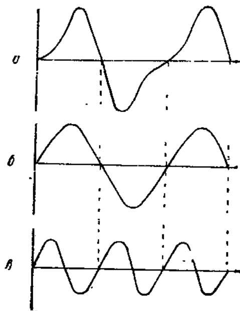
а — при чисто активен товар; *б* при чисто индуктивен товар; *в* при чисто капацитивен товар

Изоставането или изпреварването по фаза може да се изрази в градуси, като се приеме, че периодът е равен на 360^0. В такъв случай при чисто индуктивен товар ще имаме изоставане на тока с 90^0 спрямо напрежението (положителен фазов ъгъл), а при чисто капацитивен товар токът ще изпреварва напрежението също с 90^0 (отрицателен фазов ъгъл).

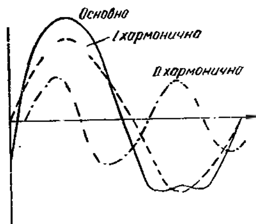
Форма на трептенията. Хармоници. При получаване на променливи напрежения от електронни генератори рядко се получава точно синусоидална форма на кривата. Обикновено тя има вид на деформирана синусоида (фиг. 10), а при някои специални генератори може да се получат правоъгълни или триъгълни импулси. Всички тези криви могат да се разглеждат като резултат от наслагването на две или повече синусоидални криви с различни

честоти и амплитуди. Така представената на фиг. 10 несинусоидална крива (*а*) с честота f съдържа основната честота (първа хармонична *б*) със същата честота и втора хармонична (*в*) с удвоена честота $2f$. Други по-сложни криви могат да съдържат по няколко десетки и дори стотици висши хармонични.

Върху формата на кривата най-силно влияние оказват първите няколко хармонични, тъй като амплитудите на следващите бързо намаляват. Ако между хармоничните съставни съществува фазова разлика, резултантната крива се получава несиметрична спрямо абсцисната ос (фиг. 11).



Фиг. 10. Несинусоидална форма на променливо напрежение (*а*) и неговите хармонични съставни (*б*, *в*)



Фиг. 11. Несиметрична крива, получаваща се при фазова разлика между хармоничните

4. Капацитет и кондензатори

Електростатично поле. Около всяко заредено тяло съществува електрическо поле, в което се проявяват електрическите сили. Линиите, по които е насочено действието на тези сили, се наричат силови линии. Гъстотата на силовите линии определя и интензивността на образуваното от тях електростатично поле.

Електростатичното поле се образува също и ако към две метални пластинки (фиг. 12) присъединим полюсите на галванически елемент или батерия. Интензивността на полето ще зависи в случая от напрежението на батерията и от разстоянието d между пластинките:

$$E = \frac{U}{d} \ (в/см)$$

Капацитет. Количеството електричество Q, което двете заредени пластинки могат да поемат, е право пропорционално на напрежението U, приложено между тях:

$$Q = C \cdot U$$

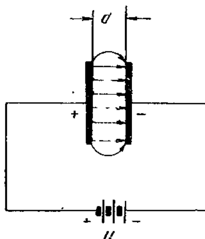
Коефициентът на пропорционалност C зависи от повърхността на плочите, разстоянието между тях и средата, в която се разпростира влиянието на полето (диелектрика). Този коефициент представлява *капацитетът* на двете пластинки, а самите пластинки се наричат *кондензатор*.

Основна единица за измерване на капацитета е *фарад* (*ф*). Капацитет 1 фарад има кондензатор, зареден с 1 кулон при напрежение между краищата му 1 волт. Тъй като фарадът е твърде голяма за практическо използване единица, най-често се работи с неините производни:

1 *микрофарад* (*мкф*) = 10^{-6} *ф*;
1 *пикофарад* (*пф*) = 10^{-6} *мкф* = 10^{-12} *ф*.

Често се среща и подразделението *нанофарад* (*нф*): 1 *нанофарад* = 10^{-9} *ф*.

В абсолютната измерителна система капацитетът се измерва в *сантиметри* (*см*). Капацитет 1 *см* има сферата с радиус 1 *см*. Съотношението между пикофарада и сантиметъра като мярка за капацитет е следното:



Фиг. 12. Електростатично поле между пластинките на кондензатор

1 *пф* = 0,9 *см*

или

1 *см* = 1,11 *пф*

Кондензатори. Казаното за капацитета на един кондензатор може да се изрази по-точно чрез формулата

$$C = 0{,}09\frac{\varepsilon S}{d} \quad (пф),$$

където ε е диелектричната проницаемост на диелектрика (гл. I, т. 13);
S — повърхността на едната от плочите ($см^2$);

d — разстоянието между плочите (*см*).

От формулата се вижда, че капацитетът на кондензатора е толкова по-голям, колкото е по-голяма диелектричната константа на диелектрика и повърхността на плочите му и колкото е по-малко разстоянието между тях.

Свързване на кондензаторите. Както и при съпротивленията, различните начини за свързване на кондензаторите могат да се сведат до два основни вида: *последователно* и *паралелно* свързване.

Паралелното свързване на няколко кондензатора (фиг. 13 *а*) е равностойно на увеличаване повърхността на еквивалентния кондензатор. Общият капацитет в такъв случай ще бъде равен на сумата от капацитетите на отделните кондензатори:

$$C_{об} = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots + C_n$$

Ако кондензаторите имат еднакви стойности (C), общият капацитет ще бъде

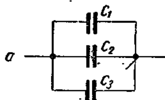
$$C_{об} = n.\ C.$$

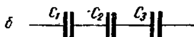
Последователното свързване на няколко кондензатора (фиг. 13*б*) е равностойно на увеличаване разстоянието между плочите на еквивалентния кондензатор. Общият капацитет ще се намали и ще стане по-малък и от най-малкия капацитет на съставните кондензатори:

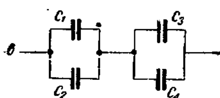
$$C_{об} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}}$$

При еднакви кондензатори общият капацитет е

$$C_{об} = \frac{C}{n}.$$







Фиг. 13. Свързване на кондензатори

а — паралелно; *б* — последователно; *в* — смесено

Смесеното свързване на кондензаторите (фиг. 13 *в*), както и при съпротивленията, може да се доведе до някои от двата основни вида чрез последователни опростявания на отделните групи.

Последователното или паралелното свързване на кондензаторите се използува, когато е необходима някаква стойност на капацитета, която не може да се постигне с един кондензатор. С такова свързване се получава също така и стесняване на обхвата на покритие на променливия кондензатор. Последователно свързани кондензатори намират приложение в различни капацитивни делители на напрежение. С последователно свързване на два кондензатора се получава два пъти по-високо допустимо работно напрежение от това на отделния кондензатор.

Зареждане и разреждане на кондензатора. При първоначалното включване на веригата от фиг. 12 напрежението на електродите не достига стойността U изведнъж, а по експоненциалната крива от фиг. 14. В същото време през веригата протича ток, който от стойността I стига до нула в момента, когато напрежението достига максималната си стойност.

Когато след зареждането краищата на кондензатора се дадат на късо, получава се разреждане, при което напрежението и токът спадат постепенно, по една и съща експоненциална крива (фиг. 15).

По подобен начин стават зареждането и разреждането на кондензатора, когато във веригата му е включено активно съпротивление R (фиг. 16). Произведението RC се нарича времеконстанта на веригата:

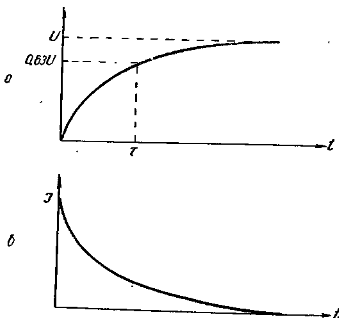
$$\tau = RC \text{ (сек)},$$

където R е в *мгом*, а C в *мкф*.

Комбинацията от R и C намира широко приложение в различни вериги за управляване и регулиране, както и за възбуждане на трептения (електронни релета, *АРУ*, *RC*-генератори).

Кондензаторът в променливотокова верига. Включеният към правотоков източник кондензатор за късо време се зарежда, след което токът I през него става равен на нула (като изключим незначителния ток, дължащ се на изолационното съпротивление на диелектрика му).

Ако кондензаторът е включен към източник на променливо напрежение, той не причинява прекъсване на веригата, а пропуска през себе си променлив



Фиг. 14. Зареждане на кондензатор

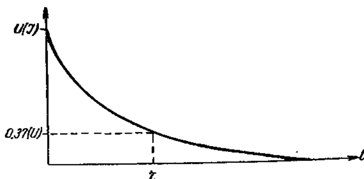
а крива на напрежението ; *б* — крива на тока

ток I. Големината на този ток се определя от капацитивното съпротивление X_C на кондензатора:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}\ (ом),$$

където f е честотата на променливия ток (*хц*);

C — капацитетът на кондензатора (*ф*).

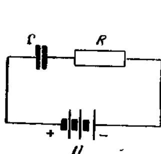


Фиг. 15. Разреждане на кондензатор

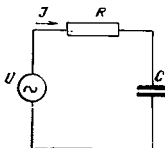
Следователно при по-висока честота, както и при по-голям капацитет, съпротивлението X_C е по-малко и, обратно.

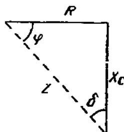
Както видяхме, включеният към променливотокова верига кондензатор предизвиква изпреварване на тока спрямо напрежението φ. При идеален кондензатор, притежаващ чист капацитет, това изпреварване е точно 90°. В действителност такъв чист капацитет не съществува. Всеки реален кондензатор съдържа до известна степен паразитна индуктивност и активно съпротивление, както всяка бобина съдържа собствен капацитет и съпротивление и всяко активно съпротивление — собствен капацитет и индуктивност.

Участието на активно загубно съпротивление в капацитета води до намаляване на ъгъла на дефазиране, представено векторно на фиг. 17. Ъгълът δ,



Фиг. 16. Верига с кондензатор и съпротивление





Фиг. 17. Векторно представяне на капацитивното и активното съпротивление на кондензатор в променливотокова верига

допълващ φ до 90°, е толкова по-голям, колкото са по-големи загубите в кондензатора. Тези загуби обикновено се характеризират с тангенса от този ъгъл — tgδ, наричан **коефициент на загубите**.

Доброкачественост на кондензатора Q се нарича реципрочната стойност на коефициента на загубите

$$Q = \frac{1}{\operatorname{tg}\delta}$$

Ако представим активното съпротивление като последователно включено към кондензатора, пълното съпротивление на веригата ще бъде

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}.$$

5. Магнетизъм и електромагнетизъм

Силата на взаимодействието между два магнита се определя от закона на Кулон за магнитното взаимодействие:

$$F = \frac{m_1 m_2}{\mu r^2} \text{ (дини)},$$

където

m_1, m_2 са магнитните маси;

μ — магнитната проницаемост на средата между двата магнита;

r — разстоянието между двата магнита ($см$).

Магнитните маси се определят въз основа на единицата за магнитна маса, която на разстояние $r = 1$ *см* противодействува на равна на нея магнитна маса със сила $F = 1$ *дина*.

Не всички вещества оказват еднакво съпротивление на магнитните силови линии. Магнитната проводимост на някои вещества, като вакуума, въздуха и газовете, е много малка, а на други, като желязото, никела, кобалта — много голяма. Материалите с голяма магнитна проводимост се наричат феромагнитни.

Способността на различните вещества да пропускат повече или по-малко магнитни силови линии се нарича магнитна проницаемост (пермеабилитет) μ. За вакуума (практически и за въздуха) $\mu = 1$. Някои вещества, като мед, цинк, водород и др., имат μ по-малко от единица и се наричат диамагнитни. Феромагнитните вещества имат μ много по-голямо от 1.

В някои феромагнитни материали елементарните магнити имат способността много бързо да се ориентират по посока на силовите линии и също така бързо да възвръщат първоначалното си хаотично състояние, т. е. бързо да се намагнитват и размагнитват (меко желязо, никел). Други пък са твърде инертни в това отношение и веднъж намагнетизирани, запазват задълго магнитните си свойства (стоманата). За такива тела казваме, че притежават голяма коерцитивна (задържаща) сила.

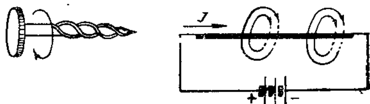
Магнитно поле. Пространството, в което се проявява магнитното действие, се нарича магнитно поле. Силата на магнитното поле H се определя от гъстотата на силовите линии и се измерва в ерщеди. За среда с $\mu \neq 1$ се въвежда понятието магнитна индукция B, с което се характеризира сгъстяването или разреждането на магнитното поле в различна среда.

$$B = \mu . H \text{ (гауси).}$$

Магнитна индукция 1 гаус е равна на броя на силовите линии, минаващи през единица повърхност. Общият брой на минаващите през цялата повърхност S силови линии се нарича магнитен поток;

$$\Phi = B . S \text{ (максвели).}$$

Магнитното поле обаче може да се образува не само около постоянен магнит. Такова поле съществува и около всеки проводник, по който преминава електрически ток.



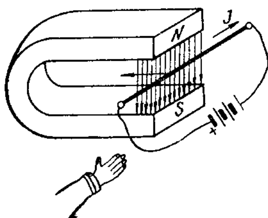
Фиг. 18. Магнитно поле около проводник — правило на тирбушона

От фиг. 18 се вижда, че магнитното поле около проводника е насочено по затворени концентрични окръжности, образуващи плоскост, перпендикулярна на проводника. Посоката на силовите линии на полето се определя по известното правило на тирбушона[1]. Напрегнатостта на полето в дадена точка зависи от силата на преминаващия ток I в *а* и от разстоянието до точката r в *м*:

$$H = \frac{2I}{r} \text{ (ерщеда)}$$

[1] Ако тирбушонът е насочен по посока на тока, посоката на въртенето му ще съвпада с посоката на силовите линии.

Ако проводникът, по който преминава ток, се намира в полето на постоянен магнит, двете магнитни полета си взаимодействуват и проводникът получава тласък по посоката, означена на фиг. 19. Посоката на движението на проводника се определя по правилото на лявата ръка[1]. Силата на изтласкването се определя по формулата



Фиг. 19. Правило на лявата ръка: пръстите — по посока на тока; дланта — към северния полюс на магнита; палецът — по посока на придвижване на проводника

$$F = BIl \sin \alpha,$$

където

B е магнитната индукция на постоянния магнит;

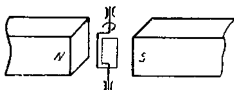
I — силата на тока през проводника;

l — дължината на активната част на проводника (обхваната от полето на магнита);

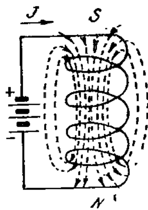
α — ъгълът между проводника и силовите линии на постоянния магнит.

Ако проводникът е сгънат във вид на правоъгълна рамка (фиг. 20), взаимодействието между двете магнитни полета предизвиква завъртване на рамката около нейната ос. На този принцип е основано действието на магнитоелектричните измерителни инструменти (с въртяща макаричка), както и на електрическите двигатели.

Магнитно поле на соленоид. Ако проводникът, по който тече ток, е свит във форма на спирала, магнитното поле на така получения соленоид ще бъде същото както на постоянния магнит (фиг. 21). Интензивността



Фиг. 20. Взаимодействие между постоянно магнитно поле и проводник във вид на рамка



Фиг. 21. Магнитно поле, създадено от соленоид, по който тече ток

на полето ще бъде много по-голяма, отколкото при прав проводник и се определя по формулата

$$H = \frac{4\pi nI}{l} \text{ (ерстеда)},$$

[1] Ако силовите линии са насочени към дланта, а пръстите показват посоката на тока, палецът ще даде посоката, в която ще се придвижи проводникът.

където

n е броят на навивките;

l — дължината на намотката.

Произведението nl се нарича магнитодвижеща сила и се измерва в ампернавивки. Обикновено се дава зависимостта между H и ампернавивките на 1 *см* дължина на соленоида:

$$1 \text{ ерщ} = 0{,}796 \text{ ан/см}$$

$$\text{или } 1 \text{ ан} = 1{,}256 \text{ ерщ}$$

Соленоид, през навивките на който преминава прав ток, т. е. който има ясно изразени полюси, се нарича електромагнит. Ако във вътрешността на електромагнита поставим желязна сърцевина, магнитното поле значително ще се увеличи в зависимост от μ на сърцевината.

Електромагнитна индукция. Обратно на ефекта, получен при изпълнение на опита от фиг. 19, ако намиращия се в постоянно магнитно поле проводник движим перпендикулярно на силовите линии, в него ще се индуктира *едс*. Това може да се установи, ако затворим веригата през галванометър, който ще покаже протичането на ток. Индуктираната в проводника *едс* се определя по формулата

$$E = Blv \sin \alpha \quad (в),$$

където v е скоростта, с която движим проводника в полето.

Същият резултат ще се получи и ако вместо проводника движим постоянния магнит, при което пак се получава пресичане на проводника от силовите линии.

Посоката на тока, получен от индуктираната *едс*, може да се определи както на фиг. 19, използувайки посоките на пръстите, палеца и дланта, само че сега на дясната ръка[1].

Ако вместо от прав проводник силовите линии на полето се пресичат от свита в рамка или спирала бобина, индуктираната едс ще бъде по-голяма и ще зависи още и от броя на навивките на бобината.

Магнитното поле може да бъде получено не само от постоянен магнит, а и от електромагнит или бобина. В този случай индуктирането на *едс* може да стане, без да имаме движение на проводника или на бобината. Достатъчно е да постигнем изменение на магнитното поле било чрез включване или изключване на тока през бобината, било чрез изменение на силата му.

На принципа на електромагнитната индукция е основано действието на различните електрически машини, трансформатори, свързани кръгове и т. и.

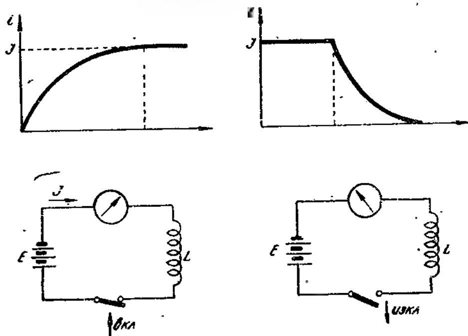
Явлението електромагнитна индукция е открито от Фарадей, а основното му изследване е извършено от Ленц. Последният е открил и закона за електромагнитната индукция, познат като правилото на Ленц: индуктираната *едс* създава ток с такава посока, че магнитното му поле противодейства на основното магнитно поле, предизвикало индукцията.

Самоиндукция. Електродвижеща сила (*едс*) на самоиндукцията. Магнитното поле, създадено от една бобина, може да индуктира *едс* както в друга съседна бобина, така и в собствените навивки на бобината. И в този случай индуктиране на *едс* е възможно само ако имаме пресичане на

[1] Ако силовите линии са насочени към дланта, а палецът показва посоката на движението на проводника, пръстите ще сочат посоката на тока, предизвикан от индуктираната *едс*.

навивките от силовите линии на собственото магнитно поле, т. е. при включване и изключване на токовата верига при изменение силата на тока.

Явлението на създаване *едс* в собствените навивки на бобината при изменение силата на тока се нарича *самоиндукция*. Индуктираната вследствие самоиндукцията *едс* има такава посока, че създаденото от нея магнитно поле винаги противодействува на изменението на основното поле и често се нарича противоелектродвижеща сила. Така, ако токът през бобината се прекъсне, *едс* на самоиндукцията създава еднопосочно поле, като се стреми да забави отслабването на тока; ако пък веригата се включи, създаденото от *едс* на самоиндукцията поле е противоположно на основното и ще възпрепятствува мигновеното усилване на тока до максималната му величина (фиг. 22). Щом



Фиг. 22. Включване и изключване на бобина в постояннотокова верига

обаче токът достигне тази величина, *едс* на самоиндукцията престава да съществува, тъй като нямаме изменение на основното магнитно поле. Ако токът през бобината е променлив, тогава *едс* ще се индуктира непрекъснато и ще има за резултат намаляване силата на тока във веригата, т. е. за променливия ток бобината представлява известно съпротивление.

Индуктивност. Единици за измерване. Коефициентът, който характеризира способността на бобината да проявява в по-малка или по-голяма степен явлението самоиндукция, се нарича *индуктивност* (*L*).

Основна единица, която изразява индуктивността на бобината, се нарича *хенри* (*хн*). Индуктивност един хенр има онази бобина, в която при равномерно изменение на тока с 1 ампер в течение на 1 секунда се индуктира *едс* на самоиндукцията 1 волт.

Най-често се употребяват кратните единици на основната:

1 *милихенри* (*мхн*) = 10^{-3} *хн*;

1 *микрохенри* (*мкхн*) = 10^{-3} *мхн* = 10^{-6} *хн*.

Понякога може да се срещне и още по-малката единица

$$1 \ сантиметър = 10^{-3} \ мкхн = 10^{-9} \ хн$$

Индуктивността на бобината зависи от нейните геометрични размери (форма, брой навивки, вид на проводника и т. н.), от магнитната проницаемост на средата, в която е създадено магнитното поле, както и от средната дължина на една силова линия в полето. В опростен вид тази зависимост се изразява чрез формулата

$$L = \frac{4\pi\mu n^2 S}{10^9 l} \ (хн),$$

където n е броят на навивките на бобината;

S — напречното сечение на бобината или сърцевината ($см^2$);

μ — магнитната проницаемост на средата или сърцевината (за въздух $\mu = 1$);

l — средната дължина на силовата линия ($см$).

Свързване на индуктивности. От горната формула се вижда, че индуктивността на една бобина се увеличава с квадрата от броя на навивките ѝ, т. е. ако удвоим броя на навивките, индуктивността ще се увеличи 4 пъти (ако, разбира се, пренебрегнем по-слабото влияние на изменените геометрични величини l и S). При по-слаба магнитна връзка между двете части (напр. чрез отдалечаване, двупосочно навиване или поставяне под някакъв ъгъл) общата индуктивност ще бъде по-малка от първия случай и ще зависи от коефициента на връзката между тях.

В случай, че частите на бобината са достатъчно отдалечени и екранирани една от друга, така че между тях не съществува магнитна връзка, общата индуктивност при последователното им свързване (фиг. 23 *а*) ще бъде равна на сумата от индуктивностите на отделните бобини

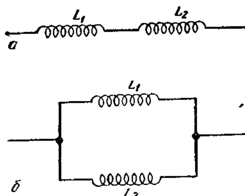
$$L_{об} = L_1 + L_2 + \ldots$$

При паралелно свързване на няколко бобини, между които липсва магнитна връзка, тяхната обща индуктивност може да се намери от съотношението:

$$\frac{1}{L_{об}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \ldots + \frac{1}{L_n}$$

или за случая от две бобини (фиг. 23 *б*):

$$L_{об} = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$



Фиг. 23. Последователно (*а*) и паралелно (*б*) свързване на индуктивности

Както се вижда, формулите са аналогични на онези, дадени за последователно и паралелно свързване на съпротивленията. При смесено свързване на бобини без магнитна връзка помежду им общата индуктивност се изчислява по същия начин както при съпротивленията.

Индуктивност в променливотокова верига. Включената към правотоков източник бобина (фиг. 22) оказва влияние върху тока във веригата един-

ствено с омическото съпротивление на навивките си. Само в момента на включване и изключване на източника токът среща противодействие от самоиндуктираната противоелектродвижеща сила и изменението му става по експоненциален закон.

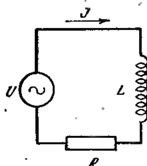
Ако бобината е включена към променливотоков източник (фиг. 24), противоелектродвижеща сила се индуктира непрекъснато и бобината ще оказва индуктивно съпротивление X_L на променливия ток:

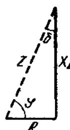
$$X_L = \omega L = 2\pi f L \ (ом),$$

където

f е честотата на променливия ток (хц);

L — индуктивността на бобината (хн).





Фиг. 24. Векторно представяне на индуктивното и активното съпротивление на бобина в променливотокова верига

Следователно индуктивното съпротивление на една бобина е толкова по-голямо, колкото е по-голяма индуктивността ѝ и е по-висока честотата на преминаващия през нея ток.

Видяхме, че токът във веригата, съдържаща чисто индуктивно съпротивление, изостава спрямо напрежението на 90^0. Зависимостта между тока и напрежението в тази верига ще се изрази чрез закона на Ом: $I = \frac{U}{X_L}$. В действителност навивките на бобината винаги притежават омическо съпротивление, което може да се представи като последователно свързано на L (фиг. 24). При променливия ток то се нарича активно съпротивление и включва в себе си не само омическото съпротивление на проводника за правия ток, но и увеличението на това съпротивление вследствие повърхностния ефект и другите активни загуби.

Активното съпротивление намалява ъгъла φ и това намаление е толкова по-силно, колкото е по-голямо съпротивлението. Ъгълът δ, допълващ φ до 90^0, характеризира загубите в бобината от активното съпротивление. Тангенсът на този ъгъл се нарича коефициент на загубите, а реципрочната му величина Q — качествен фактор на бобината:

$$Q = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta}$$

Пълното съпротивление на веригата, съдържаща индуктивно и активно съпротивление, се изчислява по формулата $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ и се нарича *импеданс* на веригата.

6. Закони на променливотоковите вериги

Мощност на променливия ток. Ако приложим уравнението за електрическата мощност на постоянния ток при веригата за променлив ток, получаваме привидната мощност:

$$P_{пр} = UI = I^2 Z \ (ва)$$

Привидната мощност представлява пълната мощност, която източникът отдава на товара — импедансът Z. Тъй като в товара са включени и реактивни елементи — индуктивности и капацитети, мощността, отговаряща на техните съпротивления, се нарича реактивна мощност:

$$P_p \; I^2X \text{ (ва)}$$

Реактивната мощност не се изразходва във веригата, тъй като при чисто реактивни съпротивления отдадената от източника енергия през време на едната част от периода се връща изцяло в източника през време на останалата част от периода. Поради това, че както реактивната, така и привидната мощност не дават представа за пълната загуба на енергия във веригата, те се изразяват във волт ампери.

Мощността, която източникът действително отдава във веригата, е активната мощност. Тя се изразходва в активното съпротивление R и се изразява във ватове:

$$P_a \; I^2R \text{ (вт)}$$

Обикновено активната мощност се представя чрез израза

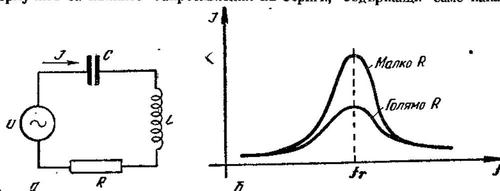
$$P_a = UI\cos\varphi,$$

където $\cos\varphi$ е коефициентът на мощността, който зависи от отношението на активното съпротивление и импеданса на веригата:

$$\cos\varphi \; \frac{R}{Z}$$

При изчислението на активната мощност обикновено се използва формулата $P_a = UI\cos\varphi$, като $\cos\varphi$ най-често е означен върху самия консуматор. За изчислението на мощността на маломощните мрежови трансформатори в радиоприемниците $\cos\varphi$ се приема средно за 0,8.

Закон на Ом за променливотокова верига. В т. 4 и т. 5 дадохме формулите за пълните съпротивления на вериги, съдържащи само капацитет



Фиг. 25. Последователен трептящ кръг

а — свързване на елементите; *б* — резонансна крива

или само индуктивност. Ако веригата съдържа както индуктивност, така и капацитет, техните реактивни съпротивления имат противоположен характер; зависимостта им от честотата е право противоположна и фазовите им ъгли са с противни знаци. Тогава общото реактивно съпротивление на тази верига (фиг. 25 *а*) ще бъде

$$X = X_L - X_C.$$

Дали реактивното съпротивление X ще има индуктивен ($X > 0$) или капацитивен ($X < 0$) характер, зависи от преобладаващото влияние на X_L или X_C, а при неизменни X_L и X_C — от честотата на тока във веригата.

Ако се вземе предвид и общото активно съпротивление R, пълното съпротивление (импедансът) ще се определи по формулата

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}.$$

По такъв начин може да се напише и пълният израз на закона на Ом за променливотокова верига, съдържаща реални индуктивност и капацитет:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\right)^2}}$$

7. Трептящи кръгове

Последователен трептящ кръг. Ако се изменят величините на елементите L и C от фиг. 25 *а* или се мени честотата на захранващото напрежение, може да се постигне изравняване на реактивните съпротивления X_L и X_C и напълно да се компенсира тяхното влияние във веригата:

$$X_L = X_c \text{ или } 2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$$

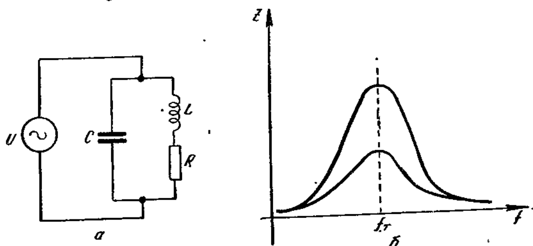
В такъв случай токът и напрежението във веригата съвпадат по фаза, реактивните елементи са напълно компенсирани и остава да действува само чисто активното съпротивление R. Тъй като то е твърде малко, токът във веригата както и напреженията върху отделните елементи значително нарастват. Това явление се нарича резонанс на напрежение. Веригата, съставена от така свързаните L и C, се нарича последователен трептящ кръг. Честотата, на която настъпва резонансът, се нарича собствена резонансна честота на кръга ($f_{рез}$) и се определя въз основа на споменатото по-горе равенство

$$f_{рез} = \frac{10^9}{2\pi\sqrt{L\,(мкхн)\,C\,(пф)}}\ (хц).$$

Изменението на тока около положението на резонанс става по крива, наречена резонансна характеристика на кръга (фиг. 25 *б*). Остротата на тази крива зависи от големината на активното съпротивление на кръга R.

Паралелен трептящ кръг. Ако елементите L и C свържем паралелно един на друг (фиг. 26 *а*), получаваме паралелен трептящ кръг. При изравняване на реактивните съпротивления X_L и X_C токовете в отделните клонове на кръга стават равни и противоположни, поради което общият ток във външната верига е минимален. Наличието все пак на известен ток се дължи на съществуването на активни компоненти в елементите. Поради това, че при паралелния кръг токът вътре в кръга се увеличава при резонанс, в случая имаме резонанс на тока. Резонансната характеристика има аналогична форма на предишната —

фиг. 26б. Докато за последователния кръг при резонанс токът е максимален, а импедансът минимален ($Z = R$), при паралелния кръг имаме обратното — токът е минимален, а импедансът достига своята максимална стойност.



Фиг. 26. Паралелен трептящ кръг —
а — свързване на елементите ; *б* — резонансна крива

Параметри на трептящия кръг. Резонансната (собствена) честота $f_{рез}$ е основният параметър на трептящия кръг, по който се съди за пригодността му да работи при определена честота или честотен обхват. Собствената честота на кръга зависи изключително от величините на индуктивността L и капацитета C. В работни условия L и C могат да се изменят под влиянието на различни паразитни елементи и явления — лампови и монтажни капацитети, близост до метални части и екрани, температура, влага и т. н.

Качественият фактор на кръга Q е основният параметър на трептящия кръг, по който се съди за неговите резонансни свойства. Q-факторът показва колко пъти напрежението върху един от елементите на последователния трептящ кръг (напр. U_L) е по-голямо от подаденото напрежение,

$$Q = \frac{U_L}{U},$$

което може да се изрази още и като отношение на индуктивното съпротивление на бобината X_L към активното съпротивление R:

$$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{\omega L}{R}$$

Реципрочната стойност на Q се нарича затихване на кръга и изразява степента на отслабване на затихващите трептения в кръга. Затихването числено се представя от декремента на затихване δ:

$$\delta = \frac{1}{Q},$$

Q-факторът за обикновените *вч* кръгове се движи в границите от 50 до 300, а за *нч* кръгове — от 1 до 10.

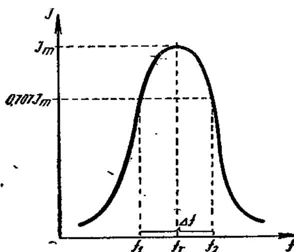
Резонансно съпротивление $R_{рез}$ се нарича съпротивлението, което трептящият кръг оказва на токоизточника в момент на резонанс. Поради наличието на активни компоненти в съпротивленията на L и C при резонанс на ток (фиг. 26) съпротивлението на кръга няма да бъде безкрайно голямо, а се определя от

$$R_{рез} = \frac{L}{CR}.$$

При резонанс на напрежение (фиг. 25) съпротивлението на кръга вместо нула ще бъде равно на активното съпротивление R.

Резонансното съпротивление на паралелния трептящ кръг е значително и зависи предимно от отношението L/C. В обикновените случаи неговата големина се движи в границите от няколко десетки до няколко стотици килоома.

Отношението L/C определя и още един параметър на трептящия кръг — неговото вълново съпротивление Z.



Фиг. 27. Ширина на пропусканата лента на трептящ кръг

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Избирателност и пропускана честотна лента. От активното съпротивление на кръга зависи и остротата на резонансната му крива (фиг. 25*б* и 26*б*). Колкото резонансната крива е по-остра (по-малко R), трептящият кръг има по-добра избирателност. Числена оценка за избирателността може да се получи най-лесно чрез т. нар. пропускана честотна лента Δf:

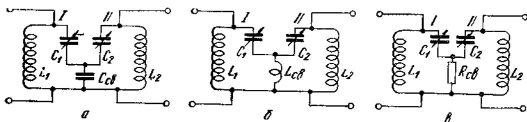
$$\Delta f = \frac{f_{рез}}{Q}$$

Пропусканата честотна лента е онзи честотен обхват, в границите на който токът в кръга представлява 0,707 от максималната му стойност при резонанс (фиг. 27).

8. Свързани кръгове

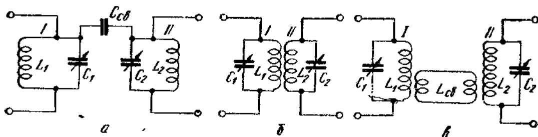
Видове свързване. Свързване на два или няколко трептящи кръга се прилага, когато е необходимо да се прехвърли електрическата енергия от един в друг кръг или да се повишат резонансните свойства на кръга чрез подобряване на формата на резонансната крива. Това свързване може да се осъществи по няколко начина, представени схематично на фиг. 28 и 29. На първата от тях са показани три начина на директно (вътрешно) свързване на кръговете —

с капацитивна, индуктивна и съпротивителна връзка. Няколко начина за външно свързване са дадени на фиг. 29 — капацитивно, индуктивно и индуктивно с помощта на междинен ненастроен кръг.



Фиг. 28. Свързани кръгове с вътрешна връзка
а — капацитивна ; *б* — индуктивна ; *в* — съпротивителна

Коефициент на връзката. Индуктивната връзка между двете бобини (фиг. 29*б*) се характеризира с наличието на известна взаимоиндуктивност *М*. Взаимоиндуктивността *М* зависи преди всичко от индуктивността на двете бобини, честотата на напрежението, геометричните размери на кръговете и магнитната проницаемост на средата около бобините.



Фиг. 29. Свързани кръгове с външна връзка
а — капацитивна ; *б* — индуктивна ; *в* — с междинен кръг

Като мярка за силата на индуктивната връзка между двата кръга се употребява коефициентът на връзката *К*:

$$K = \frac{M}{\sqrt{L_1L_2}},$$

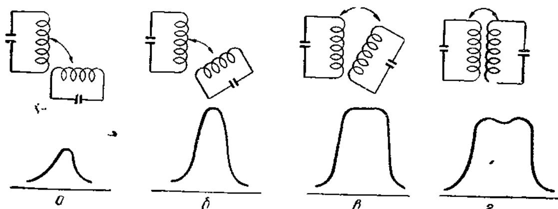
където L_1 и L_2 са индуктивностите на двете бобини.

Коефициентът на връзката се движи в границите от нула (при липса на индуктивна връзка) до единица (при много силна връзка).

При слаба връзка от първия на втория кръг се предава много малка част от енергията, а резонансната крива е с много остър връх (фиг. 30 *а*). Колкото се увеличава връзката, прехвърляната енергия във втория кръг се увеличава и резонансната крива се разширява (фиг. 30 *б*). Най-голяма част от енергията се прехвърля при една оптимална величина на връзката, наречена критична (фиг. 30 *в*). След нея резонансната крива се разширява, но получава два върха (фиг. 30 *г*) и максимумът на настройката се получава в две точки встрани от резонансната честота на кръговете — надкритична връзка. Това свойство на

свързаните кръгове да изменят ширината на пропусканата честотна лента се използува в радиоприемниците за регулиране на избирателността им.

Коефициентът на връзката зависи от честотата на напрежението. Това изисква за ония кръгове, които се настройват на различни честоти, да се избират специални сложни връзки (напр. капацитивно-индуктивна, които дават



Фиг. 30. Резонансни криви при различни коефициенти на връзка

най-малко изменение на K по обхвата. За свързани кръгове, работещи на една постоянна честота (напр. междинночестотните филтри в супера), видът на връзката е без значение, що се касае до постоянството на K. При тях връзката се избира само с оглед постигане на желаната пропускана лента.

9. Филтри

LC-филтри. Те са такива комбинации от кондензатори и бобини, при които може да се получи разделяне на токовете с различни честоти. Включването им става между източника на тока и товара, като за действието на филтъра се съди по отношението между изходящия и входящия ток или мощност. Най-често това отношение се изразява в децибели и се нарича затихване на филтъра.

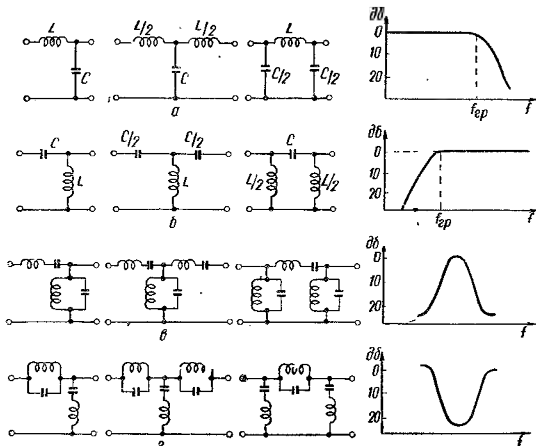
От многото различни комбинации на бобини и кондензатори могат да се обособят три основни групи, представени на фиг. 31. Във филтрите от първата група — фиг. 31 *а*, се получава срязване на високите честоти и пропускане на ниските честоти, поради което се наричат нискочестотни филтри. Най-често срещаните видове са Г-образният, Т-образният и П-образният филтър. От кривата на затихването се вижда, че ограничаването се извършва при една определена гранична честота $f_{гр}$, зависеща от стойностите на L и C. При зададена $f_{гр}$ необходимите стойности на L и C определяме от

$$L = \frac{R}{\pi f_{гр}} \, (хн),$$

$$C = \frac{1}{\pi f_{гр} R} \, (ф),$$

където R е активното товарно съпротивление, което трябва да е равно на съпротивлението на източника.

Стръмността на кривата на пропускане в областта на граничната честота зависи твърде много от вида на филтъра. При Г-образния филтър тя е най-малка, а при Т- и П-образния — по-голяма. Ако е необходимо по-рязко отделяне на двете честотни области, могат да се употребят и по-сложни многозвенни филтри, съставени от по няколко единични филтъра.



Фиг. 31. Няколко вида *LC*-филтри

а — нискочестотни; *б* — високочестотни; *в* — лентови; *г* — заграждащи

Точно обратно действие на разгледаните филтри имат високочестотните филтри — фиг. 31 *б*. Те срязват ниските честоти до определена граница $f_{гр}$ и пропускат високите честоти над тази граница. Елементите им се определят по формулите

$$L = \frac{R}{4\pi f_{гр}} \quad (хн),$$

$$C = \frac{1}{4\pi f_{гр} R} \quad (ф).$$

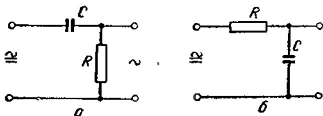
Лентовите филтри позволяват предаването на ток в определени честотни граници, извън които затихването е твърде голямо (фиг. 31 *в*). Представените на тази фигура няколко случая дават различна стръмност на кривата на про-

пускане и различна ширина на пропусканата лента. Освен тези на фиг. 31 *в* лентови филтри могат да се получат и по други начини, един от които е разгледаният случай на свързани кръгове.

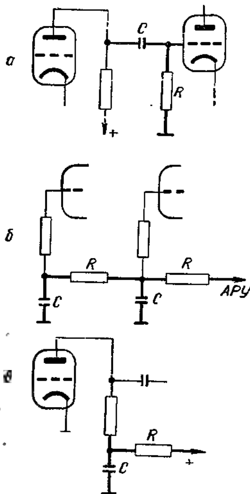
Лентовите филтри намират приложение в усилвателите на тясната честотна лента — напр. в междинночестотните усилватели на приемниците. Когато е необходима много тясна пропускана лента, качественият фактор на кръговете, от които е съставен филтърът, трябва да бъде по-голям. Когато пропусканата лента трябва да бъде от порядъка на няколкостотин херца (напр. в любителските *КВ* приемници), употребяват се кварцови филтри. Те осигуряват твърде остро отсичане на страничните честоти и много тясна лента поради свойството на кварцовата пластинка да действува като кръг с много висок качествен фактор.

Противно на лентовите филтри заграждащите филтри силно затихват само една определена честотна лента, а пропускат всички останали честоти — фиг. 31 *г*. Такива случаи имаме при антенните филтри в радиоприемниците, които трябва да отслабват сигнал с определена честота (напр. междинната честота на приемника или честотата на местния предавател).

RC-филтри. Значително по-прости и с по-широка употреба са групите, съставени от кондензатори и съпротивления, наречени *RC*-филтри (фиг. 32). В сравнение с *LC*-филтрите те дават по-малко затихване в непропускащата област, но поради своята простота се срещат много често в различни схеми. Основната задача, която се поставя на тези групи, е да изпълняват ролята на разделителни филтри - да отделят променливотоковата от правотоковата съставна



Фиг. 32. *RC*-филтри



Фиг. 33. Няколко случая на приложение на *RC*-филтри

на едно пулсиращо напрежение (фиг. 32 *а*), или, обратно, да изгладят пулсиращото напрежение, отделяйки правотоковата от променливотоковата съставна (фиг. 32 *б*). Първият случай намира приложение напр. при свързването между две стъпала на *RC*-усилвателите (фиг. 33 *а*). Вторият случай се среща по-често—при филтриране на анодните и екранните напрежения, напреженията за АРУ и за преднапрежение на лампите. На фиг. 33 *б* е даден случаят с

филтър за отделяне на променливата съставна от постоянното напрежение за АРУ. Филтриране на анодното напрежение се налага при многостъпални усилватели за избягване на обратна връзка по захранващата верига — развързващ филтър (фиг. 33 *в*).

RC-филтрите се използуват много често и за разделяне на токове с различни честоти, което се постига чрез подходящ избор на величините на елементите *C* и *R*. Такива случаи имаме във веригите за регулиране на честотната характеристика на усилвателите (тонрегулатори).

При изчислението на *RC*-групите като основна величина за сравнение се използува времеконстантата τ (стр. 42).

Трета глава

ЕЛЕКТРОННИ ЛАМПИ И ПОЛУПРОВОДНИЦИ

1. Електронни лампи[1]

а. Условно означаване на електронните лампи

За означаване на електронните лампи са възприети определени означителни системи, които позволяват по означението на дадена лампа да се определят най-важните ѝ особености.

Съветско означаване

Съгласно Държавния всесъюзен стандарт Гост 5461-50 означаването на електронните лампи се състои от 4 елемента, имащи следното значение:

Първи елемент на означението

ГК — генераторни лампи за честота до 25 *мгхц*
ГУ — генераторни лампи за УКВ с честота до 600 *мгхц*
ГС — генераторни лампи за сантиметрови вълни
ГМ — модулаторни лампи
В — диоди (кенотрони)
СГ — стабилизатори на напрежение
ТГ — тиратрони с инертен газ
ТР — тиратрони с живачни пари
ГГ — газотрони с инертен газ
ГР — газотрони с живачни пари
Ф — фотоелементи и електронни умножители
— цифра, показваща приблизително отоплителното напрежение във *в* — приемно-усилвателни и изправителни лампи за приемници и други подобни цели
— цифра, показваща големината на диаметъра (диагонала) на екрана в *см* — осцилографни и приемни телевизионни тръби

Втори елемент на означението

Д — диоди
Х — двойни диоди
С — триоди

[1] Параметрите им са дадени в таблиците от 1 до 9 в края на тази глава.

Э — тетроди
П — изходящи пентоди и лъчеви тетроди
И — честотопреобразователни лампи от типа хептод-триод
К — екранирани пентоди и лъчеви тетроди с изменяема стръмност
Ж — екранирани пентоди и лъчеви тетроди
А — преобразователни лампи с две управляващи решетки
Г — триод и един или два диода
Б — пентод и един или два диода
Н — двойни триоди
Ф — триод-пентоди
Е — индикатори за настройка
Ц — кенотрони за приемници и усилватели
— цифра (пореден №) газонапълнени диоди, триоди и вентили с тлеещ разряд
ЛО — осцилографни и приемни телевизионни тръби с електростатично отклонение на лъча
ЛМ — осцилографни тръби с електромагнитно отклонение на лъча
ЛК — приемни телевизионни тръби с електромагнитно отклонение на лъча
Ц — фотоелементи и електронни умножители с цезиев катод

З а б е л е ж к а. При генераторните и модулаторните лампи, както и при стабилизаторите на напрежение вторият елемент на означение липсва.

Трети елемент на означението

Третият елемент на означението показва поредния номер на лампата от дадения тип при следните радиолампи:
генераторни лампи за всички обхвати
модулаторни лампи
стабилизатори на напрежение
приемно-усилвателни и токоизправителни лампи за приемници
фотоелементи и електронни умножители

З а б е л е ж к а. При газотроните, тиратроните и кенотроните третият елемент липсва.

Четвърти елемент на означението

Генераторни и модулаторни лампи:
А — с водно охлаждане на анода
Б — с принудително въздушно охлаждане
Електронно-лъчеви тръби:
Б — бяла светлина
С — синя светлина
В — зелена светлина
Ж — жълто-зелена
П — продължително послесветене
К — краткотрайно послесветене
Фотоелементи и електронни умножители:
В — вакуумни
Г — с газов пълнеж
Изправители с инертен газ:

Дроб {в числителя — средният ток (*а*)
в знаменателя — обратното напрежение (*кв*)

Приемно-усилвателни, кенотрони за приемници и усилватели и стабилизаторни лампи:

Без означение — метални
С — стъклени
Ж — тип „жълъд"
Б — свръхминиатюрни, с диаметър 10 *мм*
А — с диаметър 6 *мм*
Л — с локтален цокъл
П — миниатюрни („палчикови")
Д — с дискови изводи („маячкови")

Ако липсва някой елемент (освен последния), вместо него се поставя тире (—).

Примери

1. Честото-преобразователна лампа с две управляващи решетки, отоплително напрежение 1,2 *в*, първи пореден номер от този тип, миниатюрна 1А1П
2. Високочестотен пентод с удължена характеристика, отоплително напрежение 6,3 *в*, метална . . . . 6К7.
3. Генераторна лампа за честоти до 25 *мгхц*, без специално охлаждане . . ГК4
4. Осцилографна тръба, дълга 13 *см*, с електростатично отклонение 13ЛО7
5. Приемна телевизионна тръба с диагонал на екрана 30,5 *см*, магнитно отклонение, бяла светлина 31ЛК1

Европейско означение

Това означение се състои от група букви и от едно-, дву- или трицифрено число.

Първата буква показва вида на отоплението

А — променливо напрежение 4 *в*
В — постоянен ток 180 *ма*
С — постоянен или променлив ток 200 *ма*
D — батерийни лампи 1,25 или 1,4 *в*
Е — напрежение 6,3 *в* от всякакъв източник
F — напрежение 13 *в* от акумулаторна батерия
G — променливо напрежение (американски тип)
Н — постоянно напрежение 4 *в* (батерийни лампи)
К — постоянно напрежение 2 *в* (батерийни лампи)
Р — променлив ток 0,3 *а* (американски тип)
U — постоянен или променлив ток 100 *ма*
V — постоянен или променлив ток 50 *ма*

Втората буква означава назначението на лампата

А — детекторен диод
В — двоен детекторен диод
С — усилвателен триод
D — изходящ триод
Е — тетрод
F — високочестотен пентод
Н — хексод

K — октод
L — изходящ пентод
M — индикатор (магическо око)
N — тиратрон
P — лампа с вторична емисия
O — ноиод (чм-детектор)
W — газов еднополупериоден изправител
X — газов двуполупериоден изправител
Y — еднополупериоден кенотрон
Z — двуполупериоден кенотрон

Цифрите след буквите са типови елементи на означението

1—9 лампи с дълбок цокъл, с 8 или 5 крачета. Лампите от серия „U" с това окончание имат октален цокъл.

11—19 — метални лампи с диаметър 43,5 *см*, с 5+3 крачета и бакелитов щифт в средата. Изходните, токоизправителните и индикаторните лампи от тази серия имат стъклени балони.

21—29 — стъклени лампи с локтален цокъл, с 8 крачета. Лампите от 21—24 серия „D" са с октален цокъл.

30—39 — стъклени лампи с октален цокъл.

40—49 — лампи с цокъл „римлок" (иглен), с 8 крачета и водеща пъпка.

50 59 — специални лампи „Филипс".

60—69 — лампи с 9-щифтов цокъл и свръхминиатюрни батерийни лампи без цокъл.

70—79 — миниатюрни лампи с локтален цокъл.

80—89 — миниатюрни стъклени лампи с 9 крачета („новал").

90—99 — миниатюрни стъклени лампи със 7 крачета.

100—110 специални лампи „Телефункен".

170—179—стъклени лампи „RFT" с 11-щифтов цокъл „гном".

801 809—миниатюрни лампи „Телефункен".

При някои лампи „Тунгсрам" означението започва с буквата „Т".

Чехословашките приемно-усилвателни лампи „Тесла" се означават с три елеманта: цифра, буква и цифра. Първата цифра показва закръглената стойност на отоплителното напрежение във *в*, буквата в средата — типа на лампата, а втората цифра — външния вид на лампата и цокъла.

Американско означение

Означението на американските лампи се състои от цифра, буква (една или повече) и пак цифра.

Първият елемент (цифрата) означава отоплителното напрежение във *в*.

Вторият елемент (буква или група от букви) обикновено няма определено значение; наличието на буквата „S" в групата означава, че всички електроди са свързани с цокъла.

Третият елемент (втората цифра) дава броя на свързаните крачета на цокъла (включително екранировката) минус единица.

Пред основната група на означението често се поставят една или повече букви, показващи фирмата производител. Напр.: HY (Хитрон), KR (Кен Рад), T (Телефункен— Италия).

След основната група на означението се поставя буква, определяща конструкцията на лампата:

G — стъклена лампа
GT — стъклена лампа с намалени размери и октален цокъл
LM, LT — стъклени лампи с локтален цокъл
MG — стъклена лампа с външен метален цокъл
MS — стъклена лампа с външна метализация
X — керамичен цокъл
Y — специален цокъл

Металните лампи нямат окончание след основните групи на означението.
Пример:

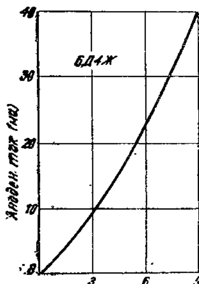
6А8 — отопление 6,3 *в*, 8 свързани крачета, метална
6А8G — същия тип със стъклен балон
6А8GT — същия тип с намалени размери

б. Видове електронни лампи

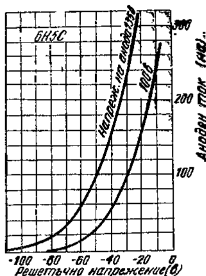
Диод — двуелектродна лампа, която има катод *к* и анод *а*.

Използува се като детектор в радиоприемниците и като изправител на променлив ток.

На фиг. 34 е показана типична анодна характеристика на диода като функция от приложеното на анода напрежение.



Фиг. 34. Анодна характеристика на диода 6Д4Ж



Фиг. 35. Решетъчни характеристики на триода 6Н5С

Триод — триелектронна лампа, състояща се от катод *к*, управляваща решетка *р* и анод *а*.

Използува се в най-различни радиоапаратури: в приемниците като усилвател на висока и ниска честота, като детектор и осцилатор.

Триодите намират приложение и в радиопредавателите с големи мощности, където за отнемане на разсеяната мощност се прилага водно или принуди-

телно въздушно охлаждане. Голямо приложение намират в радиоапаратурите за ултракъси вълни.

На фиг. 35 са показани решетъчните, а на фиг. 36 — анодните характеристики на триода.

Основни параметри на триода:

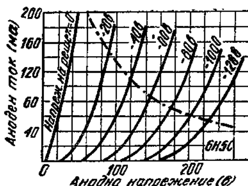
Коефициентът на усилване μ се определя като отношение от нарастването на анодното напрежение E_a към нарастването на решетъчното напрежение E_p (взето с отрицателен знак) при постоянен аноден ток I_a:

$$\mu = \frac{\Delta E_a}{\Delta E_p} \text{ при } I_a = \text{конст.}$$

Този коефициент се нарича още статичен коефициент на усилване.

В някои страни вместо коефициента на усилване μ се използува реципрочната му стойност D, наречена проницаемост ($D=\frac{1}{\mu}$).

Вътрешното съпротивление R_i на лампата се определя като отношение от изменението на анодното напрежение E_a към съответствуващото изменение на анодния ток I_a при постоянно решетъчно напрежение:



Фиг. 36. Анодни характеристики на триода 6Н5С. Максимално допустима мощност на разсейване от анода

$$R_i = \frac{\Delta E_a}{\Delta I_a} \text{ при } E_p = \text{конст.}$$

Стръмността S на лампата се определя като отношение от изменението на анодния ток I_a към съответствуващото изменение на решетъчното напрежение E_p при постоянно анодно напрежение:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta E_p} \text{ (}ма/в\text{) при } E_a = \text{конст.}$$

Стръмността на лампата се измерва в милиампери на един волт (*ма/в*). Параметрите на триода могат да се определят непосредствено по ламповите характеристики, показани на фиг. 35 и 36.

Основните параметри на триода се намират в следното съотношение:

$$\mu = SR_i, \text{ където } S \text{ в } ма/в, \text{ а } R_i \text{ в } ком.$$

От характеристиките на триода се вижда, че параметрите на лампата не са постоянни, а се изменят в широки граници при изменение на анодния ток. Най-постоянният параметър е коефициентът на усилване на лампата.

Важни параметри, характеризиращи триода, са паразитните статични капацитети:

Входящият капацитет $C_{рк}$ е капацитетът между решетката и катода при статичен режим на лампата. При динамичен режим на лампата стойността на този капацитет е:

$$C_{вх} = C_{рк} + C_{ра}(1+K),$$

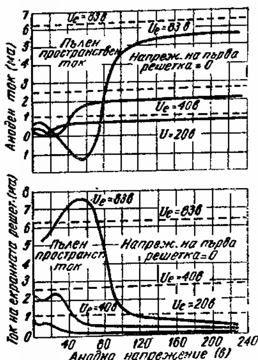
където K е динамичният коефициент на усилване на стъпалото.

Изходящият капацитет $C_{ак}$ е капацитетът между анода и катода на триода. При динамичен режим изходящият капацитет не се променя.

Проходящият капацитет $C_{ра}$ е капацитетът между решетката и анода на лампата.

Големият проходящ капацитет е съществен недостатък на триодите при използуването им за усилване на високи честоти.

Тетрод — четириелектродна лампа, състояща се от катод $к$, управляваща решетка $р_1$, допълнителна (екранна) решетка $р_2$ и анод $а$. Втората решетка спомага за намаляването на капацитета анод-решетка и увеличаване на вътрешното съпротивление. С това се намалява възможността за поява на нежелателно самовъзбуждане при използуването на тетрода като усилвател на висока честота и се увеличава коефициентът на усилване на лампата. На фиг. 37 е показана типична характеристика на тетрода. Разликата ѝ от тази на триода е, че анодният ток почти не зависи от величината на анодното напрежение. Провалът в характеристиката на анодния ток е съществен недостатък на тетрода, предизвикващ динатронен ефект при анодни напрежения, близки или по-малки от напрежението на екранната решетка.



Фиг. 37. Анодни и анодно-екранни характеристики на тетрода

Пентод — петелектродна лампа, различаваща се от тетрода по това, че има трета решетка $р_3$, разположена между анода и екранната решетка. Тази трета решетка се нарича антидинатронна или защитна. Тя се свързва с катода или има нулев потенциал, вследствие на което отразените от анода вторични електрони се връщат обратно на неговата повърхност и по такъв начин се отстранява провалът в характеристиката на анодния ток.

Пентодът се използува в различни области на радиотехниката. Поради малкия му капацитет решетка-анод и голямото вътрешно съпротивление той е подходящ за високочестотен усилвател. В нискочестотните усилватели и в радиоприемниците пентодът се използува като усилвател на напрежение и мощност. На фиг. 38 са показани типични характеристики на пентод.

Лъчев тетрод — лампа със специална антидинатронна конструкция за избягване на динатронния ефект. Лъчевите тетроди се използуват като усилватели на мощност в НЧ и ВЧ усилватели и изместват тетродите и пентодите. На фиг. 39 е показана характеристиката на лъчевия тетрод 6П3С.

Параметри на тетродите и пентодите

Динамично вътрешно съпротивление във веригата на анода:

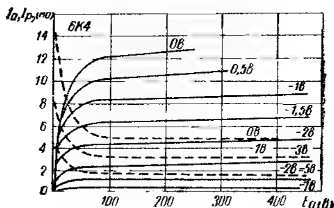
$$R_i = \frac{\Delta E_a}{\Delta I_a} \quad \text{при} \quad E_{р_1} = \text{конст. и } E_{р_2} = \text{конст.},$$

където $E_{р_2}$ е напрежението на екранната решетка.

Динамично вътрешно съпротивление във веригата на екранната решетка:

$$R_{ip_2} = \frac{\Delta E_{p_2}}{\Delta I_{p_2}} \text{ при } E_{p_1} = \text{конст. и } E_a = \text{конст.},$$

където ΔE_{p_2} и ΔI_{p_2} са съответно нарастванията на напрежението и тока на екранната решетка.



Фиг. 38. Характеристики на пентода 6K4

Коефициент на усилване на управляващата решетка по отношение на анода:

$$\mu_{p_1} = \frac{\Delta E_a}{\Delta E_{p_1}} \text{ при } I_a = \text{конст.}$$

Коефициент на усилването на управляващата решетка по отношение на екранната решетка:

$$\mu_{p_1p_2} = \frac{\Delta E_{p_2}}{\Delta E_{p_1}} \text{ при } I_{p_2} = \text{конст.},$$

където I_{p_2} е токът на екранната решетка.

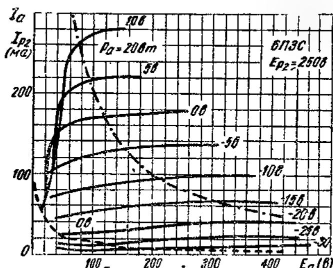
Вътрешното съпротивление на тетродите е от 10 до 100 пъти по-голямо, отколкото в триодите и се движи в границите от стотици хиляди ома до няколко мегаома.

Пентоди с удължени характеристики — лампи с това преимущество, че при увеличение на решетъчното им преднапрежение анодният ток не спада рязко както при обикновените лампи, а постепенно. Тези пентоди се използват в радиоприемниците, където стръмността на лампата се изменя от автоматичния регулатор на усилването. На фиг. 40 е показана характеристиката на една лампа от този тип 6SK7, като на същата фигура за сравнение е дадена и характеристиката на една обикновена лампа 6Sj7.

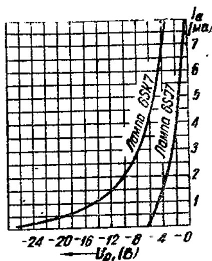
Хексод — шестелектродна лампа: анод, катод и четири решетки. Свързването на отделните решетки е различно в зависимост от използването на хексода. Използува се главно като смесител. При този случай първата решетка служи за подаване напрежението от местния хетеродин, а третата решетка — сигналната — за подаване на входящия сигнал. Втората и четвъртата решетка са екранни.

Хексодът може да се използува като лампа с променливо усилване за високочестотния сигнал (фадинг-хексод).

Основни параметри на хексода са: стръмността на смесване S_c, която се определя като отношение от съставната на анодния ток на междинната че-



Фиг. 39. Характеристики на лъчевия тетрод 6П3С



Фиг. 40. Характеристика на лампа с променлива стръмност

стота $\Delta I_{амч}$ към променливото напрежение на управляващата решетка ΔE_{p1} $\left(S_c = \frac{\Delta I_{амч}}{\Delta E_{p1}} \right)$ и динамичното вътрешно съпротивление по междинна честота $RI_{мч}$.

Хептод — седемелектродна лампа: анод, катод и пет решетки. Използува се като преобразувател на честотата. Лампата се състои от триодна част, която работи като хетеродин, и тетродна, като смесител.

Октод — осемелектродна лампа, която се състои от триодна и пентодна част. Използува се като преобразувател на честотата. Преимуществото му се състои в неговото по-голямо вътрешно съпротивление. Пълното отсъствие на динотронния ефект позволява по-голямо усилване без изкривяване.

Комбинираните лампи съдържат две или повече различни лампови системи в общ балон с общ или отделен катод. Към този тип лампи се отнасят: диод-триод, диод-пентод, двоен диод+триод, двоен диод+пентод, триод-пентод, триод-хексод, диод-триод-пентод, троен диод+триод и др.

2. Полупроводници[1]

Полупроводниците намериха голямо приложение в науката и техниката. Те се използуват в радиоприемниците, усилвателите, автоматиката и телемеханиката, в кибернетичните машини и импулсните устройства за произвеждане на високочестотни и нискочестотни трептения.

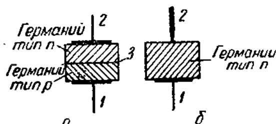
[1] Параметрите им са дадени в таблиците от 10 до 19 в края на тази глава.

Полупроводниците са особено ценни и подходящи за портативните апаратури поради малката им тежест, малък обем и икономичност в консумиране на електроенергия.

а. Принципно действие и видове

Принципът на действие на полупроводниците се основава на възможността едновременно да съществуват два различни процеса при пренасяне на електрическите заряди или, иначе казано, два различни типа електропроводимост. Към полупроводниците се отнасят голяма група твърди тела, които имат кристален строеж и притежават твърде високо относително съпротивление — десетки хиляди пъти по-голямо, отколкото металите. По своята проводимост те заемат междинно място между металите и изолаторите, поради което се наричат полупроводници. За изработването на полупроводникови диоди и триоди се използуват главно германий и силиций.

Кристали, притежаващи главно електронна проводимост, са от типа „n", а дупчеста — от типа „p". Полупроводниковите диоди и триоди се разделят на две групи: плоскостни и точкови.



Фиг. 41. Полупроводникови диоди
а — плоскостен; *б* — точков

Полупроводниковият плоскостен диод (фиг. 41*а*) представлява кристал от два слоя с различна проводимост, като от всеки слой чрез специални електроди (*1* и *2*) са направени изводи. Главна роля в работата на такъв диод играе областта между пластовете *3*, показана на фиг. 41*а* с плътна права линия, където германият от тип „p" преминава в тип „n". Отличителната черта на тази област, наричана обикновено електродупчеста или „p—n" преход, е, че тя притежава изправителни свойства.

Полупроводниковият точков диод е направен от германий тип „n" с електронна проводимост (фиг. 41 *б*). От едната страна на кристала, както и в плоскостния диод, с помощта на електрода *1* се прави извод. Към противоположната му страна се допира острие от тънък пружиниращ проводник *2*, което образува точковия контакт. Този проводник е вторият извод на диода.

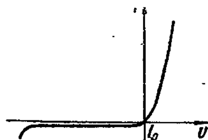
Основна роля в работата на точковия диод играе изправителният „p — n" преход, който се образува в мястото на допирането на острието в кристала на германия.

На фиг. 42 е показана характеристиката на плоскостен диод. Силата на тока, протичащ през диода, зависи от величината и знака на приложеното напрежение. Посоката, съответствуваща на малкото съпротивление на диода и голямата стойност на тока, се нарича „права", а обратната, при която съпротивлението на диода е голямо, а токът във веригата малък — „обратна". Аналогично на това и напреженията, които предизвикват тези токове, се наричат съответно „право" и „обратно". За плоскостните диоди право напрежение има тогава, когато към слоя с електронна проводимост е свързан отрицателният полюс на токоизточника, а към слоя с дупчеста проводимост — положителният полюс.

Увеличението на обратния ток през диода при големи обратни напрежения показва приближаването на пробив в диода.

От волт-амперната характеристика на диода се вижда, че той притежава добри изправителни свойства.

На фиг. 43 са показани конструкцията и основните размери на плоскостните — германиеви диоди тип ДГ-Ц21 ÷ 25 и ДГ-Ц26 ÷ 27.

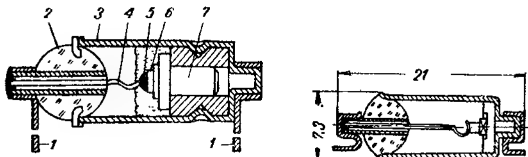


Фиг. 42. Волт-амперна характеристика на плоскостен полупроводников диод

Характеристиките на диодите изправители са до голяма степен температурно зависими, което е съществен недостатък за полупроводниците.

При плоскостните диоди се получава значително по-голяма стойност на изправения ток, отколкото при точковите. Точковите диоди могат да работят на честота до 100 *мхц*, докато плоскостните поради това, че имат значителен собствен капацитет (от 15 до 20 *пф*), могат да работят на честоти до 50 *кхц*.

Полупроводниковият точков триод (фиг. 44) се състои от германиев кристал *Г* и две остриета *Е* и *К*, които са на разстояние 20—50 *мкн* от повърхността на кристала. Всяко острие образува с кристала *Г* обикновен изправителен контакт с права проводимост от острието към кристала. Ако между електрода *е*, наречен „емитер", и основата[1] *о* се подаде напрежение с права полярност, а между електрода *к*, наречен „колектор", и основата *о* — с обратна полярност, то стойността на тока $I_к$ (обратния) се намира в пряка зависимост от стойността на тока на емитера $I_е$.



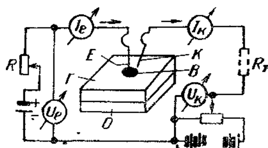
Фиг. 43. Общ вид на плоскостни германиеви диоди

а – тип ДГ-Ц21 — 25: *1* — контактни изводи, *2* — стъклен изолатор, *3* — тяло, *4* – горен токоснимател, *5* — индий, *6* — германий, *7* — долен токоснимател, *б* — тип ДГ-Ц26 — 27

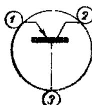
Доколкото напрежението на емитера е подадено в права полярност, а на колектора — в обратна, вътрешното съпротивление във веригата на емитера е значително по-малко, отколкото съпротивлението във веригата на колектора, следователно, въпреки че токът на емитера $I_е$ и токът на колектора $I_к$ незначително се различават един от друг, може да се получи значително усилване на мощността (от 100 до 1000 пъти).

[1] Среща се и база.

Ако във веригата на колектора включим товарното съпротивление $R_т$ (около десетки килоома), а на емитера се подаде променливо напрежение, то напрежението, получаващо се върху съпротивлението $R_т$, ще се окаже значително по-голямо, отколкото това, което е приложено към емитера.



Фиг. 44. Схема, поясняваща принципа на действие на кристалния точков триод

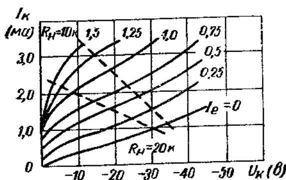


Фиг. 45. Схема на точков триод

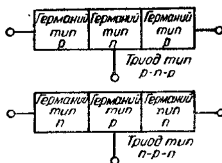
1 — емитер ; *2* — колектор ; *3* — основа (база)

Важно свойство на точковите триоди е, че в тях колекторният ток превишава тока на емитера, т. е. такива триоди осигуряват усилването по ток. Коефициентът на усилване по ток за точковите триоди е от 2 до 5.

На фиг. 45 е показан кристален точков триод, а на фиг. 46 типови статични волт-амперни характеристики. С пунктирани линии са дадени товарните характеристики при $R_т$ = 10 *ком* и $R_т$ = 20 *ком*.



Фиг. 46. Типови характеристики на точков кристален триод

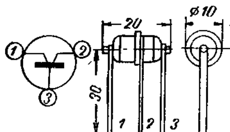


Фиг. 47. Плоскостен полупроводников триод

Показаните характеристики приличат на характеристиките на обикновения пентод и се отличават от тях по това, че семейството на характеристиките на пентода се построява като функция от напрежението на управляващата решетка, а на кристалния триод — в зависимост от тока на емитера.

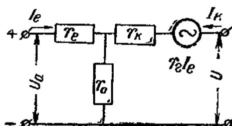
Полупроводниковият плоскостен триод съдържа германиев кристал от три редуващи се слоя с различна проводимост и два електронно-дупчести „*p* — *n*" прехода (фиг. 47). Двата крайни слоя на кристала имат еднаква про-

водимост (тип „p" или „n"), а средният — противоположна, т. е. съответно „n" или „p". В зависимост от реда на разположението на слоевете плоскостните триоди се делят на две групи. Тези, на които крайните слоеве имат



Фиг. 48. Схема и общ вид на плоскостен кристален триод

1 — емитер; 2 — колектор; 3 — основа



Фиг. 49. Еквивалентна схема на кристален триод

дупчеста проводимост „p", а средният — електронна „n", се наричат триоди тип „p—n—p". Другите триоди, на които крайните слоеве от кристала имат електронна проводимост „n", а средният — дупчеста „p", се наричат тип „n—p—n". На фиг. 48 са показани схемата и общият вид на плоскостен триод, а на фиг. 49 — един от вариантите на еквивалентната схема на триода. Стойностите на съпротивленията в схемата се определят от статичните характеристики, показани на фиг. 50 по следните формули:

$$\frac{\Delta U_e}{\Delta I_e} = r_e + r_o; \quad \text{при } I_к = \text{конст.}$$

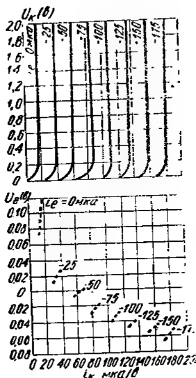
$$\frac{\Delta U_к}{\Delta I_e} = r_o + r_г; \quad \text{при } I_к = \text{конст.}$$

$$\frac{\Delta U_к}{\Delta I_к} = r_к + r_o; \quad \text{при } I_e = \text{конст.}$$

$$\frac{\Delta U_e}{\Delta I_к} = r_o; \quad \text{при } I_e = \text{конст.,}$$

където ΔU_e, $\Delta U_к$, $\Delta I_к$ и ΔI_e са съответно нарастванията на напрежението на емитера и колектора и на токовете във веригата на колектора и емитера;

$r_к$ — съпротивление на колекторния преход;
r_0 — съпротивление на основата;
r_e — съпротивление на емитера;
$r_г$ — съпротивление на еквивалентния генератор във веригата на колектора.



Фиг. 50. Типови характеристики на плоскостен кристален триод

Отношението $\frac{r_2}{r_к}$ определя коефициента на усилването на триода по ток.

б. Указания по използуването на кристалните диоди и триоди

При използуване на кристалните диоди и триоди трябва да се спазват следните условия:

температурата на окръжаващата среда да не надвишава 50° С;

да не се разполагат близо до нагряващи се части;

да не се запояват и огъват изводите на точковите диоди и триоди;

запояването и огъването на изводите на плоскостните диоди и триоди да се правят на разстояние, не по-малко от 10 *мм* от тялото;

за спойка да се употребява припой с температура на топенето не повече от 150°;

да не се превишават максимално допустимите стойности на напрежението, тока и разсейваната от колектора мощност във всички статични, динамични и преходни (при превключване) режими;

при включване най-напред да се осъществява контактът на основата.

3. Електронно-лъчеви тръби[1]

Електронно-лъчевата тръба е предназначена за преобразуване на електрическите сигнали в светлинни.

Според отклоняващата система електронно-лъчевите тръби биват: електростатични и електромагнитни.

Електростатични тръби. При електростатичните тръби фокусировката и отклонението на електронния лъч се извършват от електрическо поле.

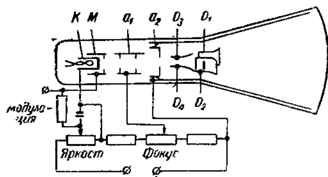
На фиг. 51 *а* е показано принципното устройство на електростатична тръба, която има следните главни части: катод *К*, който излъчва електрони; управляващ електрод *М*, който служи за управление на тока на лъча; първи анод a_1 и втори анод a_2, които служат за ускорение и формиране на електронния лъч; два чифта отклоняващи пластинки $Д_1$ $Д_2$ и $Д_3$ $Д_4$, предназначени за отклонение на електронния лъч. Първият анод, катодът и управляващият електрод образуват първата фокусираща леща. Първият и вторият анод образуват втората фокусираща леща. Регулирането на фокусировката се извършва с изменение напрежението на първия анод.

Чувствителността на електростатичната тръба се определя от величината на отклонението на лъча върху екрана на тръбата при изменение потенциала на отклоняващите пластинки с 1 волт. Чувствителността на тръбата е обратно пропорционална на скоростта на електроните, затова тръбите с голямо анодно напрежение имат малка чувствителност. За увеличение на чувствителността на тръбите при запазване голяма скорост на електроните се използува системата на послеускорение, имаща трети анод a_3, разположен зад отклоняващите пластинки. При такива тръби захранването на третия анод не е желателно да става от общия потенциометър, тъй като при модулация ще има разфокусировка на лъча от преразпределението на лъча между втория и третия анод. Модулиращото напрежение трябва да се подава на управляващия електрод, както е показано на фиг. 51 *а*.

---

[1] Параметрите им са дадени в таблиците от 20 до 23 в края на тази глава.

Подаването на модулиращо напрежение на катода е нежелателно, тъй като предизвиква изменение на напрежението между катода и втория анод, вследствие на което се изменя скоростта на електроните в областта на отклоняващите пластинки, което от своя страна пък причинява изменение на чувствителността и разфокусиране по краищата на тръбата.

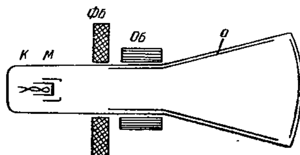


Фиг. 51 *а*. Схема на електростатична електронно-лъчева тръба

Електростатичните тръби намират широко приложение в електронните осцилографи. В телевизията тези тръби рядко се използуват, тъй като при модулация се получава разфокусировка на лъча.

Електромагнитни тръби. При електромагнитните тръби фокусировката и отклонението на електронния лъч се извършват от магнитно поле.

Електромагнитната тръба се състои от катод *К*, модулиращ електрод *М*, анод *а*, фокусиращи ФБ и отклоняващи ОБ бобини (фиг. 51 *б*).

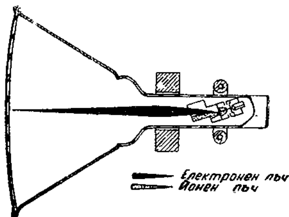


Фиг. 51 *б*. Схема на електромагнитна тръба
К — катод; *М* — модулатор; *ФБ* — фокусираща бобина; *ОБ* — отклоняваща бобина

Фокусировката и отклонението на лъча в хоризонтална и вертикална посока се извършват с помощта на отклоняващи бобини, които са монтирани външно върху цилиндричната част на тръбата.

Качеството на фокусировката в края и в средата на екрана съществено зависи от разположението на бобината на гърлото на тръбата и от качеството на отклоняващата система.

Отклоняващата система трябва да се разполага колкото се може по-близо към екрана на тръбата. Дължината на отклоняващата система не трябва да превишава 60 *мм*. Много близкото взаимно разположение на фокусиращата и отклоняващата бобина може да доведе до нежелателно взаимодействие на магнитните полета. Колкото е по-близко фокусиращата бобина до екрана, толкова по-добра е фокусировката в центъра, но се влошава по краищата. Разположението на фокусиращите бобини се подбира опитно.



Фиг. 52. Конструкция на електронно-лъчева тръба с йонен уловител
1 коригиращ магнит

Модулиращото напрежение в тръбите с магнитно отклонение може да се подава както на управляващия електрод, така и на катода, но в този случай фокусировката при модулация ще бъде малко по-лоша. Недостатъкът на електромагнитния начин на развивка е появяването на йонно петно, проявяващо се като тъмно, кръгло петно на екрана на тръбата. За отстраняване на йонното петно се използува специално устройство, при което катодът излъчва електрони не перпендикулярно на екрана, а под наклон (фиг. 52). С помощта на допълнителен коригиращ магнит траекторията на електронния лъч се изменя и насочва към екрана. По-тежките йони се отклоняват на малък ъгъл и попадат в така наречения йонен уловител.

При експлоатация на електронно-лъчевите тръби е необходимо напреженията на електродите на тръбата да съответствуват на тези, показани в характеристиките. При включване на тръбата лъчът трябва да бъде спрян. При отпускане на лъча това трябва да става бавно за избягване прегаряне на екрана при отсъствие на развивка.

4. Газоразрядни прибори

Газотрон — обикновен диод с анод и горещ катод, напълнен с живачни пари или инертен газ, като аргон, неон, криптон и др. Характеристиката на газотрона е дадена на фиг. 53. Газотроните се използуват за изправяне на променлив ток със средни и големи мощности. В сравнение с кенотроните газотроните имат следните предимства: по-малко вътрешно съпротивление, вследствие на което и малки вътрешни загуби; падението на напрежението вътре в лампата е малко, почти независещо от величината на анодния ток; малки размери при големи стойности на изправения ток.

При експлоатацията на газотроните[1] трябва да се спазват следните условия:

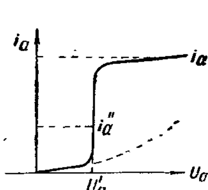
токът през газотрона не трябва да превишава максимално допустимата върхова стойност. В противен случай за много кратко време ще се повреди катодът на газотрона;

[1] Параметрите им са дадени в таблица 24 в края на тази глава.

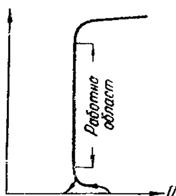
средният ток през газотрона трябва да е по-малък или равен на допустимия среден ток. При неспазване на това условие ще се получи прегряване на лампата и ще се предизвикат обратни запалвания;

обратното напрежение не трябва да превишава допустимата за лампата стойност.

Газотроните имат следните недостатъци: голяма чувствителност към прегряването и особено към недостатъчното нагряване на катода; предварително



Фиг. 53. Характеристика на газов диод



Фиг. 54. Волт-амперна характеристика на стабиловолт

затопляне на катода в продължение на няколко минути преди включване на анодното напрежение.

Тиратрон — газов триод с управляваща решетка, която регулира момента на запалването. Веднага след запалването на тиратрона решетката изгубва своята командна способност върху лампов ия ток. Определяйки момента на запалването, леко може да се осъществи регулирането на средната стойност на изправения ток.

Тиратронът се използува за изправяне на променлив ток със средни и големи мощности, а също и в автоматите за регулиране на различни производствени процеси. Използува се също като генератор на релаксационни трептения и пр.

Преимуществата и недостатъците на тиратроните[1] са същите както на газотроните.

Стабиловолт — газов диод със студен катод. За стабиловолта се използува обикновено инертен газ, който се поставя при налягане от около 0,1 *мм* живачен стълб. На фиг. 54 е показана характеристиката на стабиловолт, от която се вижда, че при постепенно повишаване на напрежението точно при една определена стойност лампата се задействува („запалва"). След това напрежението спада и остава постоянно в известен обхват (работния обхват на стабиловолта) независимо от тока през лампата. Ако се излезе извън този обхват, напрежението между анода и катода бързо пораства и лампата се разрушава. При използуване на стабиловолта трябва да се спазва полярността при включването му към постояннотоковия източник.

[1] Параметрите им са дадени в таблица 24 в края на тази глава.

Газовите лампи със студен катод се използуват освен като стабилизатори на напрежение още и като релаксационни генератори, като индикатори на напрежение, за защита от свръхнапрежение и др. В таблица 25 са дадени основните параметри на стабиловолти.

5. Безразрядни електровакуумни прибори

Баретор — газов електровакуумен прибор, който се състои от железен или волфрамов проводник, поставен във водородна среда при налягане от 50 до 200 *мм* живачен стълб. Съпротивлението на такъв проводник при увеличението на температурата расте. Бареторът служи за поддържане на постоянен ток в дадена верига при изменение на захранващото напрежение. Той се използува както в постояннотокови, така и в променливотокови вериги. При бързи промени на захранващото напрежение бареторът не действува поради своята инертност. За установяване на нов топлинен режим са необходими около две-три минути. На фиг. 55 е показана волт-амперната характеристика на баретора. Основните параметри на бареторите са дадени в табл. 26.



Фиг. 55. Волт-амперна характеристика на баретор

6. Фотоелементи

Фотоелементите, наречени още фотоклетки, превръщат светлинната енергия в електрическа. Те намират приложение във фототелеграфията, телевизията, звукозаписа, фотографията, сигнализацията и др.

В зависимост от принципното си устройство фотоелементите се разделят на три основни групи:

фотоелементи с външен фотоефект, при които под действието на светлината електроните се откъсват от повърхността на метала;

фотоелементи с вътрешен фотоефект (фотосъпротивление), при които под действието на светлината се изменя електрическата проводимост на веществата;

фотоелементи с преходен слой (вентилни фотоелементи), при които под действието на светлината се възбужда електродвижеща сила.

Фотоелементите с външен фотоефект представляват от себе си вакуумни или газонапълнени двуелектродни лампи. На вътрешната страна на стъкления балон се облага (наслоява тънко) вещество, което под действието на светлината излъчва електрони.

Фотосъпротивленията в електрическо отношение са обикновени съпротивления, величината на които съществено зависи от осветяването на повърхността им. Фотосъпротивленията намират приложение в случаите, когато не се изисква линейна светлинна характеристика. Те намират широко приложение в автоматиката и регулиращите схеми.

Вентилните фотоелементи имат твърде просто устройство. На металическия електрод (основата) се наслагва полупроводников слой, на повърхността на който се напластява тънък полупрозрачен метален пласт, служещ за втори електрод на фотоелемента. При осветяване на фотоелемента от страната на

полупрозрачния слой на електродите възниква електродвижеща сила. Ако полупрозрачният слой се зарежда отрицателно и токът във външната верига тече от основата към него, фотоелементът е с „фронтален фотоефект". Ако полупрозрачният слой се зарежда положително, фотоелементът е с „положителен фотоефект".

Основни параметри на фотоелементите с външен фотоефект. Чувствителност или интегрално отдаване — стойността на тока на фотоелектронната емисия, която се получава във фотоелемента на светлинен поток, равен на един лумен. Измерва се в микроампера на лумен.

Във вакуумните фотоелементи чувствителността е от 20 ÷ 90 *мка (лм)*, а в газонапълнените от 150 ÷ 200 *мка (лм)*.

Спектралната характеристика показва чувствителността на фотоелемента към светлинния лъч с различна дължина.

Светлинната характеристика представлява зависимост на фототока от величината на светлинния поток.

Честотната характеристика определя зависимостта на чувствителността на фотоелемента от честотата на модулацията на светлинния поток.

Фотоелектронни умножители. Обикновените фотоелементи имат малка чувствителност, затова е необходимо да се употребяват усилватели с голям коефициент на усилване. Във фотоелектронните умножители усилването на „фототоковете" става вътре в самия фотоелемент, при което се използува вторична електронна емисия. Чувствителността на фотоелектронните умножители превишава стотици хиляди пъти чувствителността на обикновените фотоелементи, като достига при многостъпалните фотоумножители 1000 *а/лм*.

Ламнови диоди (съветски)

Таблица 1

Означение	Тип	Отопление напрежение (в)	Отопление ток (а)	Ефективно напрежение на анода (в)	Максимална амплитуда на обратното напрежение на анода (в)	Изправен ток (ма)	Максимална амплитуда на анодния ток (ма)	Собствена резонансна честота (мгхц)	Капацитет между катода и анода (пф)	Цокъл
6Д3Д	диод	6,3	0,77	7	200	27	150	.	—	1
6Д4Ж	„	6,3	0,15	130	365	4,8	30	—	1,91	2
6Д6А	„	6,3	0,15	165	450	8÷10	70	700	3	3
6Х2П	двоен диод	6,3	0,30	2×150	450	17÷20	90	1000	3,8	4
6Д8Д	диод	6,3	0,45	—	450	—	—	—	—	5
6Д10Д	„	6,3	0,75	—	100	—	35	—	—	5
6Х6С	двоен диод	6,3	0,30	2×165	465	16	50	—	4	6
12Х3С	„ „	12,6	0,073	2×10	100	2	20	—	0,48	7

Токоизправителни лампи (съветски)

Таблица

Означение	Брой на анодите	Отопление напрежение (в)	Отопление ток (а)	Променливо напрежение на вторичната намотка на трансформатора (в)	Съпротивление във веригата на анода (ком)	Капацитет на филтъра (мкф)	Максимална амплитуда на обратного напрежение (в)	Максимална амплитуда на анодния ток (ма)	Изправен ток (ма)	Цокъл
1Ц1С	1	0,7	0,185	—	20000	0,02	15000	—	0,5	8
1Ц7С	1	1,25	0,2	—	—	—	30000	17	2	9
1Ц11П	1	1,2	0,2	—	—	—	20000	2	0,3	10
2Ц2С	1	2,5	1,75	4500	600	0,06	12500	100	6,8	11
5Ц3С	2	5	3	2 × 500	2	4	1700	750	230÷250	12
5Ц4М	2	5	2	2 × 400	3,3	4	1550	415	133÷140	13
5Ц4С	2	5	2	2 × 500	4,7	4	1350	375	122÷125	13
5Ц8С	2	5	5	2 × 500	1,0	4	1700	1200	400	14
5Ц9С	2	5	3	2 × 500	2,2	4	1700	600	190	14
6Ц4П	2	6,3	0,6	2 × 350	5,2	8	1000	300	72÷75	15
6Ц5С	2	6,3	0,6	2 ×400	5,7	8	1375	—	70÷75	16
6Ц10П	1	6,3	1,05	—	—	—	4500	450	120	17
6Ц13П	1	6,3	0,95	650	5	4	1600	900	120	21
6Ц15С	2	6,3	1,43	450	—	—	1350	375	62	18
30Ц1М	2	30	0,3	250	2,5	—	500	500	90	298
30Ц6С	2	30	0,3	2 × 150	1,05	16	500	600	120	18
ВО-188	2	4	2,05	2 × 500	3,3	4	1300	600	155	19
ВО-239	1	4	2,05	850	5	8	1800	1200	180	20

Триоди и двойни

Означение	Тип	Отопление напрежение (*в*)	Отопление ток (*а*)
1Н3С	Изходен двоен триод	1,2	0,12
2С4С	Изходен триод	2,5	2,5
6Г1	Двоен диод+триод със среден коефициент на усилване	6,3	0,3
6Г2	Двоен диод+триод с голям коефициент на усилване	6,3	0,3
6Г7	Двоен диод+триод с голям коефициент на усилване	6,3	0,3
6Е5С[5]	Оптически индикатор за настройка	6,3	0,3
6Н1П	Двоен триод със среден коефициент на усилване	6,3	0,6
6Н2П	Двоен триод с голям коефициент на усилване . .	6,3	0,345
6Н3П	Двоен триод със среден коефициент на усилване	6,3	0,35
6Н4П	Двоен триод	6,3	0,3
6Н5П	„ „	6,3	0,6
6Н5С	Изходен двоен триод	6,3	2,5
6Н7С	„ „ „	6,3	0,81
6Н8С	Двоен триод със среден коефициент на усилване	6,3	0,6
6Н9С	Двоен триод с голям коефициент на усилване . .	6,3	0,3
6Н13С	Двоен триод	6,3	2,8
6Н15П	Двоен триод със среден коефициент на усилване	6,3	0,45
6С1Ж	ВЧ триод	6,3	0,15
6С1П	„	6,3	0,15
6С2С	Триод със среден коефициент на усилване	6,3	0,3
6С3Б	НЧ триод	6,3	0,15
6С4С	Изходен триод	6,3	1
6С5	Триод със среден коефициент на усилване	6,3	0,3
6С6Б	„ „ „ „ „ „	6,3	0,2
6С7Б	Триод с голям коефициент на усилване	6,3	0,2
12Г1	Двоен диод+триод със среден коефициент на усилване	12,6	0,15
12Г2	Двоен диод+триод с голям коефициент на усилване	12,6	0,15
СО-243	Изходен двоен триод	2	0,24
УБ-240	НЧ триод	2	0,15
УО-186	Изходен триод	4	1

[1] На всеки триод.
[2] Съпротивление във веригата на катода за автоматично преднапрежение.
[3] На първия триод.
[4] На втория триод.
[5] Напрежение на светещия екран 250 *в*, ток 2,9 *ма*.

Таблица 3

диод-триоди (съветски)

Напрежение на анода (*в*)	Постоянно напрежение на решетката (*в*)	Аноден ток (*ма*)	Стръмност S (*ма в*)	Коефициент на усилване μ	Вътрешно съпротивление R_i (*ком*)	Товарно съпротивление (*ком*)	Изходяща мощност (*вт*)	Максимално допустима (мощност), разсейвана от анода (*вт*)	Междуелектроден капацитет (*пф*) входящ	изходящ	проходящ	Цокъл
120	—5,5[1]	2,5[1]	0,8[1]	11[1]	13,75	7	0,4	1[1]	—	—	—	22
250	—45	62	5,4	4,15	0,84	2,5	2,8	15	—	—	—	23
250	—9	9,5	1,9	16	8,5	10	0,3	2,5	3,6	2,8	2,4	24
250	2	1,15	1,1	96	91	—	—	—	3,2	3	1,6	24
250	—3	1,1	1,2	70	58	—	—	2	5	3,8	1,4	25
250[5]	—4	5,3	1,2	24	20		—		—	—	—	26
250	2 × 600 ом[2]	8[1]	3,2[1]	35[1]	11[1]	—	—	2[1]	3,8[1]	1,75[1]	1,85[1]	27
250	—1,5	2,3[1]	2[1]	100[1]	50[1]	10[1]	—	1[1]	1,75[1]	1,3[1]	0,72[1]	23
150	2 × 240 ом[2]	7,7[1]	4,9[1]	37[1]	7,55[1]	—	—	1,5[1]	2,5[1]	1,4[1]	1,3[1]	29
250	—	3	1,85	—	21,6	1,3	—	—	1,6	1,4	1,3	27
200	—1,5	8	3,5	—	49	—	—	2	3	1,5	2,25	27
135	2 × 250 ом[2]	110[1]	6,7[1]	—	0,46[1]	—	—	13[1]	9,5[1]	5,1[1]	9,5[1]	30
300	—6[6]	7[6]	3,2[6]	35[6]	11,4[6]	2,5	4,2[1]	6[1]	—	—	—	31
250	—8	9[1]	2,6[1]	20,5[1]	7,9[1]	—	—	2,75[1]	2,8[3] 3[4]	0,8[3] 1,2[4]	3,8[3] 4[4]	30
250	—2	2,3[1]	1,6[1]	70[1]	44[1]	—	—	1,1	3[3] 3,4[4]	3,8[3] 3,2[4]	2,8[3] 2,8[4]	30
90	—30	80±32[1]	5[1]	—	0,4[1]	—	—	13	7	4,2	9	30
100	50	9[1]	5,6[1]	38[1]	6,8[1]	—	—	1,6[1]	2[1]	0,45[3] 0,4[4]	— 1,4[1]	32
250	—7	6,1	2,25	26	11,6	—	—	1,8	1	0,6	1,4	33
250	—7	6,1	2,26	26,2	11,6	—	—	1,8	1,38	1,1	1,35	34
250	—8	9,0	2,55	20,5	8,05	—	—	—	3	4,5	3,8	35
270	1,5 ком[2]	8,5	2,2	14	6,4	—	—	2,5	2,5	3,9	1,6	36
250	—45	62	5,4	4,15	0,84	2,5	2,8	15	—	—	—	37
250	—8	8	2,2	20	9	—	—	2,5	3	11	2	35
120	220 ом[2]	9	5	25	5	2	—	1,2	3,3	3,5	1,42	36
250	400 ом[2]	4,5	4	66	16,5	[illegible]	—	1,3	3,3	3,4	1	36
250	—9	9,5	1,9	16	8,5	10	0,3	2,5	3,6	2,8	2,4	24
250	—2	1,15	1,1	96	91	—	—	—	3,2	3	1,6	24
120	0	3,2	2,1	32	16	3	0 8	1,5	2,8	5,7	3,4	—22
120	—1	3,5	1,55	22	14	40	0,02	0,6	2,8	2,65	2,8	38
250	—37,5	57	3,2	4	1,2	3	1,5	15	—	—	—	37

[6] Анод и решетка на първия триод, съединени съответно с анода и решетката на втория триод.

[7] Без изводите. Дължина на изводите 35 *мм*.

Пентоди за усилване

Означение	Приложение	Отопление	
		напрежение (в)	ток (а)
0.6Ж6Б	НЧ пентод	0,625	0,02
0.6Н2Б	»	0,625	0,03
1Б1П	диод-пентод	1,2	0,06
1Б2П	»	1,2	0,03
1К1П	ВЧ пентод с удължена характеристнка	1,2	0,06
1К2П	» » » »	1,2	0,03
2Ж2М	ВЧ пентод	2	0,06
2Ж27Л	»	2 2	0,057
2Ж27П	»	2,2	0,057
2К2М	пентод с удължеиа характеристика	2	0,06
4Ж5С	ВЧ пентод	4	1
6Б2П	ВЧ диод+пентод с удължена характеристика	6,3	6,3
6Б8С	ВЧ двоен диод+пентод	6,3	0,3
6Ж1Б	ВЧУ пентод	6,3	0,2
6Ж1Ж	ВЧ пентод	6,3	0,15
6Ж1П	ВЧу пентод	6,3	0,175
6Ж2Б	ВЧ пентод	6,3	0,2
6Ж2П	»	6,3	0,175
6Ж3	»	6,3	0,3
6Ж3П	ВЧУ пентод	6,3	0,3
6Ж4	телевизионеи пентод	6,3	0.45
6Ж4П	ВЧ пентод	6,3	0,3
6Ж5П	телевизионен пентод	6,3	0,45
6Ж6С	ВЧ пентод	6,3	0,5
6Ж7	»	6,3	0,3
6Ж8	»	6,3	0,3
6К1Ж	»	6,3	0,15
6К1П	»	6,3	0,15
6К3	ВЧ пентод с удължена характеристика	6,3	0,3
6К4	ВЧ пентод с полуудължена характеристика	6,3	0,3
6К4П	ВЧ пентод с удължена характеристика	6,3	0,3
6К7	» » » »	6,3	0,3
6К9С	» » » »	6,3	0,3
12Ж8	ВЧ пентод	12,6	0,15
12К3	ВЧ пентод с удължена характеристика	12,6	0,15
12К4	ВЧ пентод с полуудължена характерностика	12,6	0,15

[1] Диоден ток 25 *мка*. Анодът на диода е съединен с положителния край на отоплението през съпротивление 5000 *ом*.
[2] Съпротивления за автоматично преднапрежение.

на напрежение (съветски)

Таблица 4

Анодно напрежение (*в*)	Напрежение на втората решетка (*в*)	Постоянно напрежение на първата решетка (*в*)	Аноден ток (*ма*)	Ток във веригата на втората рашетка (*ма*)	Стръмност S (*ма/в*)	Вътрешно съпротивление R_i (*ком*)	Максимално допустима мощност, разсейвана от анода (*вт*)	Максимално допустима мощност, разсейвана от втората решетка (*вт*)	Междуелектроден капацитет (*пф*) входящ	изходящ	проходящ	Цокъл
30	30	0	0,15	0,1	0,11	900	0,008	—	5	3	0,3	39
30	30	0	0.15	0,04	0,15	—	—	—	—	—	—	39
67,5	67,5	0	1,6[1]	0,35	0,625	—	—	—	—	—	—	40
60	45	0	1	0,2	0,55	1200	0,15	—	1,85	2.1	0,27	40
90	67,5	0	3,5	1,2	0,66	—	—	—	3,5	7,5	0,01	41
60	45	0	1,15	0.25	0,65	—	0,2	—	3	4,9	0,01	41
120	70	—1	1	0,3	0,8	1500	0,5	—	5,75	8	0,02	42
120	45	0	1,9	0,5	1,25	700	—	—	5,3	4,9	0,015	43
120	45	0	1,9	0,5	1,00	1600	—	—	4,5	2	0,015	44
120	70	—1	2	0,6	0,95	1000	0,5	—	5,75	8	0,02	42
160	60	—2	5,4	3,5	2	—	—	—	11	4.5	0 01	45
250	100	—1,5	6,5	1,6	2	—	—	—	4;2	4,1	0,008	46
250	125	—3	10	2,45	1,35	—	—	—	4	9	0,008	47
120	120	200 ом[2]	7,5	3,5	4,8	—	1	0,35	4,8	3,8	0,03	48
250	100	—3	2,75	0.7	1,6	1200	—	—	3,5	3	0,018	49
120	120	200 ом[2]	7,5	3,5	5,2	300	1,8	0,55	4	2,1	0,02	50
120	120	200 ом[2]	5,5	6	3,2	—	0,9	0,6	4,9	4,1	0,03	51
250	120	200 ом[2]	5,5	5,5	3,55	—	1,8	0,85	4,1	2,2	0,02	52
250	150	—1	10,8	4	4,9	900	3,3	0,7	8,5	7	0,003	53
250	150	200 ом[2]	7	2	5	500	2,5	0,55	6,5	1,8	0,025	50
300	150	160 ом[2]	10,25	2,2	9	—	3,3	0,45	11	5	0,015	54
250	100	68 ом[2]	11	4,2	4,4	1500	3	0,6	5,5	5	0,0035	55
300	150	160 ом[2]	10	2,5	9	500	3,2	0,4	10	5.5	0,03	55
250	100	—2,4	10	2,5	7,5	2000	2,5	0,5	9,5	6.25	0,03	56
250	100	—3	2,1	0,6	1,2	—	0,8	0,1	7	12	0,005	56
250	100	—3	3	0,8	1,65	—	2,8	0,7	6	7	0,005	54
250	100	—3	6,65	2,7	1,85	450			3	3	0.009	49
250	100	—3	6,65	2,7	1,85	450	1,8	0,33	3,4	3,0	0,01	50
250	100	—3	9,25	2,5	2	—	4,4	0,4	6	7	0,003	54
250	125	—1	11,8	4,4	4,7	900	3,3	0,7	8 5	7	0,005	53
250	100	68 ом[2]	11	4,2	4,4	1500	3	0,6	5,5	5	0,0035	55
250	100	—3	7	1,7	1,45	—	3	0,4	7	12	0,005	56
250	100	—3	9,25	2,5	2	—	4,4	0,5	4,75	11	0,005	56
250	100	—3	3	0,8	1,65	—	2,8	0,7	6	7	0,005	54
250	100	—3	9,25	2,5	2	—	4,4	0,4	6	7	0,003	54
250	125	—1	11,8	4,4	4,7	900	3,3	0,7	8,5	7	0,005	53

Изходни пентоди

Означение	Приложение	Отопление напрежение (в)	Отопление ток (а)	Анодно напрежение (в)	Напрежение на втората решетка (в)
1П2Б	НЧ пентод	1,25	0,05	45	45
1П3Б	„	1,25	0,027	45	45
1П4Б	„	1,25	0,02	45	45
2П1П	изходен лъчев тетрод	1,2 2,4	0,12 0,06	90	90
2П2П[1]	„ „ „	1,2	0,06	60	60
2П9М	„ „ „	2	1	250	150
4Ф6С	НЧ изходен пентод	4	1,1	250	250
6П1П[1]	изходен лъчев тетрод	6,3	0,45	250	250
6П3С	„ „ „	6,3	0,9	250	250
6П6С	„ „ „	6,3	0,45	250	250
6П7С[2]	„ „ „	6,3	0,9	250	250
6П9	изходен телевизионен пентод	6,3	0,65	300	150
6П13С	изходен пентод за схеми с телевизионна развивка	6,3	1,3	200	200
6П14П	НЧ изходен пентод	6,3	0,75	250	250
6П15П	изходен телевизионен пентод	6,3	0,75	300	150
6Ф6С	НЧ изходен пентод	6,3	0,7	250	250
30П1С	изходен лъчев тетрод	30	0,3	110	110
СО-244	НЧ изходен пентод	2	0,185	120	120
СО-258	„ „	1,8	0,32	160	120

[1] 6П1п — аналогичен на изходния лъчев тетрод 6П6С.
[2] Предназначен за схеми с телевизионна развивка. Задържа кратковременни положителни импулси на анодното напрежение до 6 *кв* и отрицателни импулси — до 1,5 *кв*

Таблица 5

и лъчеви тетроди (съветски)

Постоянно напрежение на първата решетка (*в*)	Аноден ток (*ма*)	Ток на втората решетка (*ма*)	Стръмност *S* (*ма/в*)	Коефициент на усилване *μ*	Вътрешно съпротивление R_i (*ком*)	Товарно съпротивление (*ком*)	Изходяща мощност (*вт*)	Максимално допустима мощност, разсейвана от анода (*вт*)	Максимално допустима мощност, разсейвана от втората решетка (*вт*)	Междуелектроден капацитет (*пф*) входящ	изходящ	проходящ	Цокъл
—2	1,1	0,37	0,5	—	—	50	0,008	—	—	—	—	—	39
—2	0,75	0,40	0,425	—	—	—	0,0045	—	—	—	—	—	39
—2	0,6	0,45	0,4	—	350	500	0,0035	—	0,05	6	3	0,3	39
—4 5	9,5	2,2	2	—	—	10	0,21	—	—	5,5	4	0,5	57
—4,1	3	0,6	0,95	—	160	25	0,1	0,3	—	3,7	3,8	0,4	57
—6	35	1,5	2,5	100	40	2,5	6	8	—	8,5	8,5	1	58
—16,5	34	6	2,5	200	80	7	2,5	10	2	—	—	—	59
—12,5	45	7	4,5	—	50	5	3,8	12	2,5	7,8	5,7	0,95	60
—14	72	8	6	—	—	2,5	5,4	21	2,75	11	8,2	1	61
—12,5	45	7,5	4,1	—	52	5	3,6	13,2	2,2	9,5	9,5	0,9	61
—14	72	8	5,9	8,5[3]	32,5	—	—	20	3,2	11,5	6	0,6	62
—3	30	6,5	11,7	—	—	10	2,4	9	1,5	13	7,5	0,06	63
—11	60	5	8,5	8	17	-	—	14	4	18,5	6,5	0,5	64
—6,5	48	5,4	11,3	31	50	—	5,1	12	2	11	7	0,2	65
—2,6	30	4,2	14,5	25	37	—	—	9	—	—	—	0,06	66
—16,5	34	7	2,5	—	78	7	3,2	10	3,75	7,5	11	0,6	67
—7,5	70	16	10	—	9	1,8	1,6	7	1,75	—	—	—	61
—2,5	4,1	0,75	1,8	270	150	30	0,13	1,5	—	5,5	7,0	0,5	68
—6	10	1,7	2	160	80	20	0,45	2	—	5,4	7,5	0,5	68

[3] За триодно включване.
[4] Предварителни данни.
[5] Без изводите. Дължина на изводите 35 *мм*.

Преобразователни

Означение	Приложение	Отопление: напрежение (в)	Отопление: ток (а)	Анодно напрежение (в)	Напрежение на екранната решетка[2] (в)	Постоянно напрежение на управляващата решетка[1] (в)
1А1П	хептод-преобразовател	1,2	0,06	90	45	0
1А2П[4]	„	1,2	0,03	60	45	0
6А2П	„	6,3	0,3	250	100	—1,5
6А7	„	6,3	0,3	250	100	0
6А8	„	6,3	0,3	250	100	—3
6А10С	„	6,3	0,3	250	100	0
6И1П	триод-хептод	6,3	0,3	250	—	-10
				250	100	—2
6Л7	хептод-смесител	6,3	0,3	250	100	—3
СО-242	„	2	0,16	120	70	0

[1] В динамичен режим. Хетеродинната част на лампата работи по триточкова схема със съпротивление във веригата на първата решетка за лампите: 1А1П — 0,1 *мгом*; 6А10С, 6А7 и 6А2П — 20 *ком*; 6А8 — 50 *ком*.

[2] Екранната решетка е съединена с решетките $р_2$ и $р_4$ в лампите 1А1П, 6А7, 6А10С, 6А2П, 6Л7 и с решетките $р_3$ и $р_5$ в лампите СО-242 и 6А8.

Генераторни

Означение	Приложение	Отопление: напрежение (в)	Отопление: ток (ма)	Емисионен ток (в)	Катоден ток (а)	Ток във втората решетка (ма)	Напрежение на анода (в)	Максимално напрежение на анода (в)
Г-807	лъчев тетрод	6,3	0,9	0,35	—	—	600	—
Г-411	пентод	10/20[5]	0,6/0,3[5]	0,12	—	—	400	—
ГУ-13	лъчев тетрод	10	5	—	—	—	2000	2000
ГУ-15	лъчев пентод	4,4	0,68	—	0,085	—	350	400[13]
ГУ-32	лъчев двоен тетрод . .	6,3/12,6	1,6/0,8[5]	—	—	5,5[9]	400	500
ГУ-50	лъчев пентод	12,6	0,765	0,6	0,230	—	800	3000[12]

[1] При напрежение на първата решетка — 33 *в*.

[2] При аноден ток 60 *ма*.

[3] На честота 30 *мгхц*.

[4] В режим на усилване при напрежение на първата решетка 25 *в*, напрежение на възбуждане 26 *в*.

[5] При паралелно и последователно включени жички на отоплението съответно.

лампи (съветски)

Таблица 6

Аноден ток (*ма*)	Ток във веригата на екранната решетка (*ма*)	Смесителна стръмност S_c (*ма/в*)	Стръмност на хетеродинната лампа *S* (*ма/в*)	Вътрешно съпротивление R_i (*мгом*)	Максимално допустима мощност, разсейвана от анода (*вт*)	Максимално допустима мощност, разсейвана от екранната решетка (*вт*)	Междуелектроден капацитет *пф*: входящ	изходящ	проходящ	Цокъл
0,64[1]	1,9	0,16[1]	0.825	1,5	—	—	7	7	0,4	69
0,55	0,85	0,19	0,5	1,5	0,2	—	5,4	6	0,4	69
3[1]	7[1]	0,47[1]	6	0,1	1	1	7	8,6	0,3	70
3,5[1]	9[1]	0,45[1]	4,7	1,0	1,1	1,1	9	10	0,13	71
3,3	2,7	0,55	—	0,34	1	0,3	12,5	12,5	0,06	72
3,5[1]	9[1]	0,45[1]	4,7	0.3	1,1	1,1	9	10	0,13	71
5	—	—	3,7	0,006	0,8	—	26	2,3	1,0	73
3,2	6	0,33	—	1000	1,7	—	6,3	7,4	0,006	
2,4	7,1	0,38	—	1	1,1	1,5	7,5	11	0 01	74
2,2	2,2	0,45	—	0,15	0,7	—	9,6	11,4	0,45	75

[3] За управляваща решетка се приема сигналната управляваща решетка, т. е. за лампите 1А1П, 6А7, 6А10С, 6А2П и 6Л7 — третата решетка (p_3), а за лампите СО-242 и 6А8 — четвъртата решетка (p-).

[4] Предварителни данни.

лампи (съветски)

Таблица 7

Аноден ток (*ма*)	Стръмност *S* (*ма/в*)	Преднапрежение на първата решетка в работната точка (*в*)	Напрежение на втората решетка (*в*)	Изходяща мощност (*вт*)	Максимална мощност, разсейвана от анода (*вт*)	Максимална мощност, разсейвана от втората решетка (*вт*)	Максимална мощност, разсейвана от първата решетка (*вт*)	Максимална работна честота (*мгхц*)	Входящ капацитет (*пф*)	Изходящ капацитет (*пф*)	Проходящ капацитет (*пф*)	Цокъл
—	6	—	250	40	25	3,5	—	60	11	7	0,2	76
—	4	—	250	20	—	2,5	1	50	9,5	7,5	0,3	77
50±15[1]	4±0,9[2]	—	400	180[3]	100	22	—	30	19,5	17,5	0,25	78
—	4,7	14	200	12[4]	15	4	0,4	60	12	14,5	0,16	79
30±12[9]	3,5[10]	—	250	14	15[7]	5	—	200	9,4	4,8	0,05	80
—	4[11]	—40±10	250	60	40	5	1	120	15	10,3	0,1	81

[6] За изпитваемия тетрод $Ua = 250$ *в*, $Up_1 = 175$ *в*, $Up_1 = -11$ *в*; за неизпитвания тетрод $Up_1 = -100$ *в*.

[7] На двата анода.

[8] За всеки тетрод.

[9] За изпитваемия тетрод $Ua = 250$ *в*, $Up_2 = 135$ *в*. $Up_1 = -10$ *в*. За неизпитваемия тетрод $Up_1 = -100$ *в*.

[10] За всеки тетрод при аноден ток 30 *ма*.

[11] При аноден ток 50 *ма*. [12] Пиково. [13] Работно, при включване 700 *в*.

Таблица 8

Токоизправителни лампи (европейски)

Означение	Брой на анодите	Отопление: напрежение (*в*)	Отопление: ток (*а*)	Променливо ефективно напрежение (*в*)	Съпротивление във веригата на анода (*ом*)	Капацитет на филтъра (*мкф*)	Изправен ток (*ма*)	Цокъл
AX1	2	4	2	2 × 500	2 × 200	64	125	82
AX50	2	4	3,75	2 × 500	2 × 200	64	275	82
AZ1	2	4	1,1	2 × 500	2 × 100	60	60	83
				2 × 400	2 × 80	60	75	
				2 × 300	2 × 60	60	100	
AZ4	2	4	2,3	2 × 500	—	—	120	83
				2 × 400	—	—	150	
				2 × 300	—	—	200	
AZ11	2	4	1,1	2 × 500	2 × 100	60	75	84
				2 × 400	2 × 80	60	75	
				2 × 300	2 × 60	60	100	
AZ12	2	4	2,2	2 × 500	2 × 100	60	120	84
				2 × 400	2 × 80	60	150	
				2 × 300	2 × 60	60	200	
AZ21	2	4	1,3	2 × 500	—	—	70	85
				2 × 300	—	—	120	
AZ41	2	4	0,72	2 × 500	2 × 500	50	60	86
				2 × 400	2 × 150	50	60	
				2 × 300	2 × 100	50	70	
AZ50	2	4	3,0	2 × 500	2 × 200	32	250	82
				2 × 400	2 × 150	32	275	
				2 × 800	—	—	300	
СУ1	1	20	0,2	250	125	32	80	87
				170	75	32	80	
				127	0	32	80	
СУ2	1	80	0,2	250	125	32	120	88
				170	75	32	120	
				127	0	32	120	
СУ31	1	20	0,2	250	—	—	80	89
СУ32	2	30	0,2	250	—	—	2×60	90
DУ30	1	1,25	0,2	30000	—	—	2	91
DУ80	1	1,25	0,2	15000	—	—	1	92
DУ86	1	1,4	0,53	18000	—	—	0,15	93
EУ1	1	6,3	0,09	5000	—	—	1	94
EУ51	1	6,3	0,09	5000	—	—	0,5	95
EУ80	1	6,3	0,9	4000	—	—	180	96
EУ81	1	6,3	0,82	4500	—	—	150	97
EУ91	1	6,3	0,42	250	—	—	75	98
EZ1	1	6,3	0,4	2 × 250	600	—	2×50	99
EZ2	1	6,3	0,4	2 × 350	2 × 500	—	60	99
				2 × 300	2 × 500			

Означение	Брой на анодите	Отопление		Променливо ефективно напрежение (*в*)	Съпротивление във веригата на анода (*ом*)	Капацитет на филтъра (*мкф*)	Изправен ток (*ма*)	Цокъл
		напрежение (*в*)	ток (*а*)					
EZ4	2	6,3	0,9	2 × 400	2 × 300	16	175	99
				2 × 300	2 × 200	32	175	
EZ11	2	6,3	0,29	2 × 250	600	32	50	100
EZ12	2	6,3	0,85	2 × 500	300	—	100	100
EZ80	2	6,3	0,6	2 × 350	—	—	125	101
EZ81	2	6,3	1,0	2 × 350	350	50	150	101
PY71	1	21,5	0.3	.				102
PY80	1	19	0,3	5000	—	4	180	103
PY81	1	17	0,3	6000	—	4	150	104
PY82	1	19	0,3	250	100	60	180	103
				220	40	60	180	
				127	0	60	180	
PY83	1	20	0,3	5000	—	—	175	104
PY88	1	30	0,3	250	—	—	250	104
UY1	1	50	0,1	250	175	60	140	105
				170	100	60	140	
				127	0	60	140	
UY2	1	26	0,1	250	—	—	140	106
UY3	1	50	0,1	250	—	—	140	87
UY4	1	35	0,1	250	—	—	55	87
UY11	1	50	0,1	250	175	60	140	107
				170	100	60	140	
				127	0	60	140	
UY21	1	50	0,1	250	175	—	140	108
				170	100	—	140	
UY41	1	31	0,1	250	210	50	100	109
				220	160	50	100	
				127	0	50	100	
UY42	1	31	0,1	110	0	50	100	109
UY82	1	55	0,1	127		—	180	110
UY85	1	38	0,1	110	—	—	110	110
1Y32	1	1,4	0,265	8000	—	—	2	111
5U4G	2	5,0	3,0	2 × 550	130	10	225	13
5V4G	2	5,0	2,0	2 × 350	—	—	125	112
5Y4G	2	5,0	2,0	2 × 350	—	—	125	113
5Z3	2	5,0	3,0	2 × 500	—	—	250	114
5Z4	2	5,0	2.0	2 × 400	—	—	125	115
6V4	2	6,3	0.6	2 × 350	—	—	90	101
6X4	2	6,3	0,6	2 × 325	—	—	70	116
6X5	2	6,3	0,6	2 × 450	—	—	70	117
6Y5	2	6,3	0,8	2 × 350	—	—	50	118
6Y50	1	6,3	1,65	1200	150	4	220	121

Означение	Брой на анодите	Отопление		Променливо ефективно напрежение (в)	Съпротивление във веригата на анода (ом)	Капацитет на филтъра (мф)	Изправен ток (ма)	Цокъл
		Напрежение (в)	ток (а)					
6Z3	1	6,3	0,3	2 × 350	—	—	50	120
6Z31	2	6,3	0,6	2 × 450	150	4	70	119
25Z3	1	25	0,3	2 × 250	—	—	50	120
25Z5	2	25	0,3	2 × 125	—	—	100	122
25Z6	2	25	0,3	2 × 125	—	—	100	90
35У31	1	35	0,15	250	125	32	140	123
35Z3	1	35	0,15	250	—	-	100	109
80	2	5,0	2,0	350	—	—	125	114
81	1	7,5	1,25	700	—	—	85	124
82	2	2,5	3,0	500	—	—	125	114
83	2	5,0	3,0	500	—	—	250	114

Таблица 8а

Токоизправителни лампи (американски)

Означение	Приложение	Отопление		Макс. ан. напрежение (в)	Макс. изправ. ток (ма)	Макс. обр. напрежение (в)	Макс. импулс на ан. ток (ма)	Цокъл
		напрежение (в)	ток (а)					
1	еднопътен изправител	6,3	0,6	350	50	1000	400	120
1-V	еднопътен изправител	6,3	0,3	350	50	—	—	120
1B3GT	еднопътен изправител	1,25	0,2	—	2,0	4000	17	8
1Z2	еднопътен изправител	1,5	0,3	7800	2	20000	10	111
2B25	еднопътен изправител	1,4	0,11	1000	1,5	—	9	173
2V3G	еднопътен изправител	2,5	5,0	—	2,0	16500	12	8
2Z2/684	еднопътен изправител	2,5	1,5	350	50	—	—	124
5AX4GT	Двупътен изправител	5,0	2,5	350[1]	175	1400	525	12
5AZ4	двупътен изправител	5,0	2,0	500[2]	125	1400	375	12
5R4GY	двупътен изправител	5,0	2,0	900[1]	150[1]	2800	650	12
5T4	двупътен изправител	5,0	3,0	450	250	1250	800	12
5U4G	двупътен изправител	5,0	3,0	както 5Z3				12
5V4G	двупътен изправител	5,0	2,0	както 83V				13
5X3	двупътен изправител	5,0	2,0	1275	30	—	—	114
5Y3G	двупътен изправител	5,0	2,0	както 80				12
5Y3GWT	двупътен изправител	5,0	2,0	375	120	1550	375	12
5Z3	двупътен изправител	5,0	3,0	500	250	1400	-	114

Означение	Приложение	Отопление		Макс. ан. напрежение (в)	Макс. изправ. ток (ма)	Макс. обр. напрежение (в)	Макс. импулс на ан. ток (ма)	Цокъл
		напрежение (в)	ток (а)					
5Z4	двупътен изправител	5,0	2,0	400	125	1100	—	13
6AX5GT	двупътен изправител	6,3	1,2	450	125	1250	375	16
6W5G	двупътен изправител	6,3	0,9	350	100	1250	350	16
6X4	двупътен изправител	6,3	0,6	325[1]	70	1250	210	116
6X5	двупътен изправител	6,3	0,6	450[2]	70	1250	210	16
6Y5	двупътен изправител	6,3	0,8	350	50	—	—	118
6Z3	еднопътен изправител	6,3	0,3	350	50	—	—	120
12Z3	еднопътен изправител	12,6	0,3	250	60	—	—	120
14Z3	еднопътен изправител	12,6	0,3	250	60	—	—	120
25Y4GT	еднопътен изправител	25	0,15	125	75	—	—	298
25Y5	удвоител на напрежение	25	0,3	250	85	—	—	122
25Z3	еднопътен изправител	25	0,3	250	50	—	—	120
25Z5	изправител, удвоител	25	0,3	125	100	—	500	122
35Z4GT	еднопътен изправител	35	0,15	250	100	700	600	298
117Z4GT	еднопътен изправител	117	0,04	117	90	350	—	298
866Jr	еднопътен изправител	2,5	2,5	1250	250	—	—	124
1274	двупътен изправител	6,3	0,6	както 7Y4				16
1275	двупътен изправител	5,0	1,75	както 5Z3				114

[1] При филтър с кондензаторен вход.
[2] При филтър с индуктивен вход.
[3] С минимално съпротивление 100 ома, серийно на анода.

Таблица 9

Приемно-усилвателни лампи (европейски)

Означение	Приложение	Отопление		E_a (в)	E_{p_1} (в)	E_{p_2} (в)	E_{p_3} (в)	E_{p_4} (ма)	I_a (ма)	I_{p_2} (ма)
		напрежение (в)	ток (а)							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ABC1	двоен диод + НЧ триод	4	0,65	250	—7	—	—	—	4	—
ABL1	двоен диод + изходен пентод	4	2,4	250	—6	250	—	—	36	4
AC2	НЧ триод	4	0,65	250	—5,5	—	—	—	6	—
ACH1	честотопреобразовател	4	1	300	—2	70	15	70	2,5	3,5
				150	—15	—	—	—	—	—
AD1	изходен триод — кл. А	4	0,95	250	—45	—	—	—	60	—
	противотактно кл. АВ			250	—	—	—	—	2×60	—
AF2	ВЧ пентод с изм. стръмност	4	1,1	200	—2	100	—	—	4,25	1,8
AF3	„ „ „ „ „	4	0,65	250	—3	100	—	—	8	2,6
AF7	ВЧ, НЧ пентод	4	0,65	250	—2	100	—	—	3	1,1
	RC-усилвател			250	—	90	—	—	0,9	0,4
AH1	ВЧ хексод с изм. стръмност	4	0,65	250	—2	80	—	—	3	1,1
AK1	честотопреобразовател	4	0,65	250	—9,5	90	70	—1,5	1,6	3,8
AK2	„	4	0,65	250	—9,5	90	70	—1,5	1,6	3,8
AL1	изх. пентод	4	1,1	250	—15	250	—	—	36	6,8
AL2	„ „	4	1	250	—25	250	—	—	36	5
AL3	„ „	4	1,85	250	—6	250	—	—	36	5
AL5	„ „	4	2,00	250	—14	275	—	—	72	7
AM1	индик. за настр.	4	0,3	250	0	—	—	—	0,095	0,13
AM2	НЧУ и инд.	4	0,32	250	—3,5	—	—	—	3	—
CBL1	двоен двод + изх. пентод	44	0,2	200	—8,5	200	—	—	45	6
CBL6	„ „ „ „	35	0,2	200	—9,5	100	—	—	45	5,5
CBL31	„ „ „ „	44	0,2	200	—8,5	200	—	—	45	6
CF3	ВЧ пентод с изм. стръм.	13	0,2	200	—3	100	—	—	8	2,6
CF7	ВЧ пентод и	13	0,2	200	—2	100	—	—	3	1,1
	НЧ усилвател	—	—	200	—	—	—	—	0,42	0,16

$I_{ат}$ (*ма*)	$I_{рт}$ (*мка*)	$R_к$ (*ом*)	$R_{р_2}$ (*ком*)	$R_{ат}$ (*ком*)	$R_{рт}$ (*ком*)	R_i (*ком*)	S_c (*ма/в*)	μ —	R_a (*ком*)	P_a (*вт*)	K (%)	$P_{изх}$ (*вт*)	$C_{ра}$ (*пф*)	Цокъл
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
—	—	—	—	—	—	13,5	2	27	—	1,5	—	—	1,7	125
—	—	150	—	—	—	50	9	—	7	9	10	4,5	0,8	126
—	—	—	—	—	—	12	2,5	30	—	2	—	—	1,7	127
—	—	220	—	—	—	800	0,75	—	—	1,5	хексодна част			128
5	—	220	—	30	—	6,7	2	—	—	1	триодна част			
—	—	—	—	—	—	0,67	6	4	2,3	15	5	4,2	23	129
—	—	375	—	—	—	—	—	—	4	—	1,5	9,5	—	
—	—	300	—	—	—	1400	2,5	—	—	1,5	—	—	0,006	130
—	—	300	—	—	—	1200	1,8	—	—	2	—	—	0,003	131
—	—	500	—	—	—	2000	2,1	—	—	1	—	—	0,003	131
—	—	2500	—	—	—	—	—	—	200	1	—	—	0,003	
—	—	500	—	—	—	2000	1,85	—	—	1,5	—	—	0,003	132
2	190	—	—	80	50	1600	0,6	—	—	0,5	—	—	—	133
2	190	—	—	80	50	1600	0,6	—	—	0,5	—	—	—	134
—	—	350	—	—	—	43	2,8	—	7	9	6	3,1	1,3	135
—	—	625	—	—	—	60	2.6	—	7	9	10	3,8	1,5	136
—	—	150	—	—	—	50	9,5	—	7	9	—	4,3	1,5	136
—	—	175	—	—	—	22	8,5	—	3,5	18	10	8,8	0,8	137
—	—	—	—	—	—	—	—	—	2000	—	—	—	—	138
—	—	1200	—	—	—	25	2	50	100	1,5	—	—	—	139
—	—	170	—	—	—	85	8	—	4,5	9	10	4	1	126
—	—	235	—	—	—	22	8	—	4,5	8	10	4	0,5	126
—	—	170	—	—	—	85	8	—	4,5	9	10	4	1	140
—	—	300	—	—	—	900	1,8	—	—	2	—	—	0 003	131
—	—	500	—	—	—	2000	2,1	—	—	1	—	—	0,003	131
—	—	6400	500	—	—	—	—	150	—	—	—	—	—	

Продължение на таблица 9

Означение	Приложение	Отопление напрежение (в)	Отопление ток (а)	E_a (в)	E_{p_1} (в)	E_{p_2} (в)	E_{p_3} (в)	E_{p_4} (ма)	I_a (ма)	I_{p_2} (ма)
1	2	3	4	5	5	7	8	9	10	11
CF50	микроф. усилв. пентод	30	0,2	250	—2	100	—	—	1,5	0,3
CH1	честотопреобразов.	13	0,2	200	—2	100	—12	50	3	3
CK1	»	13	0,2	200	—9,5	90	70	—1,5	1,6	3,8
CK3	смесител	19	0,2	200	—12	100	100	—2,5	2,5	5,5
CL4	изх. пентод	33	0,2	200	—	200	—	—	45	6
CL6	» »	35	0,2	200	—9,5	100	—	—	45	5,5
DAF11	диод + ВЧ пентод с изм. стр.	1,2	0,05	120	0	60	—	—	1,4	0,2
DAF91	диод + НЧ пентод	1,4	0,05	67,5	0	67,5	—	—	1,6	0,4
DAF96	» » »	1,4	0,025	85	Rp 1	10 мом	—	—	—	—
DBC21	дв. диод + триод	1,4	0,05	120	—1,5	125	—	—	1,6	0,2
DBC31	» » »	1,4	0,05	120	—1,5	—	—	—	1,6	0,2
DC11	НЧ триод	1,2	0,025	120	—4,5	—	—	—	2,5	—
DC96	УКВ смесител	1,4	0,025	40	0	—	—	—	1,2	—
DCH11	честотопреобразовател	1,2	0,075	120	0	60	—5	60	1	1,5
DCH21	»	1,4	0,15	120	0	60	—7,7	60	1	2
DCH22	»	1,4	0,15	90	—	50	—	50	0,75	1,1
DCH25	»	1,2	0,1	120	0	60	4,5	60	1	1,2
DCH31	»	1,4	0,15	120	0	60	—7,7	60	1	2
DDD11	дв. триод — пр. т. кл. В	1,2	0,1	120	—4,5	—	—	—	1,5	—
DDD25	» » » » » »	1,2	0,1	120	—5,5	—	—	—	1,1	—
DF11	ВЧ пентод с изм. стр.	1,2	0,025	120	0	60	—	—	1,2	0,22
DF21	ВЧ, НЧ пентод с изм. стр.	1,4	0,025	120	0	90	—	—	1,2	0,25
DF25	ВЧ пент. с изм. стр.	1,2	0,025	120	—0,5	60	—	—	0,96	0,22
DF31	» » » » »	1,4	0,025	120	—0,5	95	—	—	1	0,21
DF91	» » » » »	1,4	0,05	90	0	67,5	—	—	3,5	1,4
DF92	ВЧ пентод	1,4	0,05	90	0	67,5	—	—	2,9	1,2
DF96	ВЧ пентод с изм. стр.	1,4	0,025	85	0	64	—	—	1,65	0,55

$I_{ат}$ (ма)	$I_{рт}$ (мка)	$R_к$ (ом)	R_{p_2} (ком)	$R_{ат}$ (ком)	$R_{рт}$ (ком)	R_i (ком)	S_c (ма/в)	μ	$R_а$ (ком)	$P_а$ (вт)	K (%)	$P_{изх}$ (вт)	C_{pa} (пф)	Цокъл
12	13	14	15	16	17	18	18	20	21	22	23	24	25	26
—	—	1100	—	—	—	2500	3.3	—	—	1	—	—	0,003	141
—	—	500	—	—	—	2000	0,55	—	—	—	—	—	—	132
2	200	200	—	80	50	1500	0,6	—	—	0,5	—	—	—	134
5	—	190	—	—	—	1700	0,65	—	—	1	—	—	—	134
—	—	167	—	—	—	35	8	—	4,5	9	10	4	1	136
—	—	190	—	—	—	22	8	—	4,5	9	10	4	0,5	136
—	—	—	—	—	—	900	0,6	—	—	0,6	—	—	0,02	142
—	—	—	—	—	—	600	0,625	—	—	0.25	—	—	0,4	143
—	—	—	2700	—	—	—	—	55	1000	—	—	—	—	143
—	—	—	—	—	—	28	0,9	25	—	0,3	—	—	2,6	144
—	—	—	—	—	—	28	0,9	—	—	—	—	0,035	—	145
—	—	—	—	—	—	17	0,9	15	—	0,4	—	—	—	146
—	—	—	—	—	—	—	0,8	14	—	0,25	—	—	3	147
1,2	—	—	40	30	—	1000	0,3	—	—	0,3	—	—	—	148
1,7	—	—	30	35	—	1000	0,45	—	—	0,3	—	—	—	149
1,4	—	—	—	—	—	1000	0,28	—	—	0,3	—	—	—	151
1,4	—	—	50	43	—	1300	0,28	—	—	0,3	—	—	—	151
1,7	—	—	30	35	—	1000	0,45	—	—	0,3	—	—	—	152
—	—	—		—	—	20	—	15	14	—	—	1,4	—	153
—	—	—	—	—	—	—	—	15	14	0,4	—	1,4	3,2	154
—	—	—	—	—	—	1000	0,7	—	—	0,5	—	—	0,004	155
—	—	—	—	—	—	2500	0,7	—	—	0,2	—	—	0,006	156
—	—	—	—	—	—	2500	0,63	20	—	0,5	—	—	—	157
—	—	—	—	—	—	3000	0,65	—	—	0,2	—	—	0,006	158
—	—	—	—	—	—	500	0,9	—	—	0,35	—	—	0,01	159
—	—	—	—	—	—	600	0,925	—	—	0,2	—	—	0,008	159
—	—	—	—	—	—	1000	0,75	—	—	0,25	—	—	0,01	159

Продължение на таблица 9

Означение	Приложение	Отопление		E_a (в)	E_{p_1} (в)	E_{p_2} (в)	E_{p_3} (в)	E_{p_4} (ма)	I_a (ма)	I_{p_2} (ма)
		напрежение (в)	ток (а)							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
DF97	ВЧ пент. с изм. стр.	1,4	0,025	85	0	67	—	—	1,52	0,68
DK21	честотопреобразовател	1,4	0,05	120	—7	60	90	0	1,5	0,25
DK25	„	1,2	0,05	120	—7	60	—7	90	1,5	0,25
DK31	„	1,4	0,05	120	—7	60	90	0	1,5	0,25
DK91	„	1,4	0,05	90	23	67,5	0	67,5	1,6	3,4
DK92	„	1,4	0,05	85	4	31	0	60	0,65	0,14
DK96	„	1,4	0,025	85	4	35	0	68	0,6	0,14
DL11	„	1,2	0,05	120	—6	120	—	—	4,7	0,85
DL21	„	1,4	0,05	90	—3	90	—	—	4	0,7
				120	—4,8	120	—	—	5	0,9
DL25	изх. пентод	1,2	0,1	120	—4,7	120	—	—	4,5	0,8
DL31	„ „	1,4	0,05	120	—4,8	120	—	—	5	0,9
DL33	„ „	1,4	0,1	90	—4,5	90	—	—	8	1
DL41	„ „	1,4	0,1	90	—3,6	90	—	—	8	1,3
DL51	„ „	1,5	0,134	45	—1,5	45	—	—	1,6	0,5
DL65	„ „	1,25	0,013	22,5	—	22,5	—	—	0,5	0,095
DL71	„ „	1,25	0,025	45	—1,25	45	—	—	0,6	0,15
DL91	„ „	1,4	0,1	90	—7	67,5	—	—	7,4	1,8
DL92	изх. пентод	1,4	0,1	90	—7	67,5	—	—	7,4	1,4
		2,8	0,05	90	—7	67,5	—	—	6,1	1,1
DL93	„ „	1,4	2×0,1	135	—7,5	90	—	—	14,8	2,6
DL94	„ „	1,4	0,1	90	—5,1	90	—	—	8	1,8
DL95	„ „	1,4	0,1	85	—5	85	—	—	6,9	1,5
		2,8	0,05							
DL96	„ „ клас А	1,4	0,05	64	—3,3	64	—	—	3,5	0,65
	противотакт. кл. В	2,8	0,025	85	—5,2	85	—	—	5,0	0,9
DL192	„ „	1,4	2×0,05	67,5	—7	67,5	—	—	7	2

$I_{ат}$ (*ма*)	$I_{рт}$ (*мка*)	$R_к$ (*ом*)	$R_{р_2}$ (*ком*)	$R_{ат}$ (*ком*)	$R_{рт}$ (*ком*)	R_i (*ком*)	S_c (*ма/в*)	μ	$R_а$ (*ком*)	$P_а$ (*вт*)	*K* (%)	$P_{изх}$ (*вт*)	$C_{ра}$ (*пф*)	Цокъл
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
—		—	—	—	—	530	0,75	—	—	0,25	—	—	0,01	160
2,4	200	—	120	25	35	1500	0,5		—	0,3	—	—	—	161
2,4	200	—	120	25	35	1500	0,5	—	—	0,3	—	—	—	162
2,4	200	—	120	25	35	1500	0,5	—	—	0,3		—		150
—	—	—	—	—	100	600	0,3	—	—	0,15	—	—	—	163
1.65	—	—	180	33	27	1000	0,325	—	—	0,2	—	—	—	164
1,5	85		120	33	27	1000	0,3	—	—	0,15	—	—	—	164
—	—	—	—	—	—	500	1,1	—	22	—	—	—	0,03	155
	—	—	—		—	300	1,3	—	22,5	1	10	0,35	0,5	165
—	—	—	—	—	—	350	1,4	—	24	0,27	10	—	0,5	
—	—	—	—	—	—	300	2,1	—	25	1	10	0,26	0,3	166
—	—	—	—	—	—	350	1,4	—	24	0,7	10	0,27	0,5	167
—	—	—	—	—	—	90	2,2	—	8	1	10	0,4	—	168
—	—	—			—	90	2,45	—	11,3	1,2	10	0,33	0,5	169
—	—	—	—	—	—	85	1,5	—	—	—	—	—	—	170
—	—	—	—	—	—	400	0,42	—	100	0,025	10	0,0018	0,2	171
—	—	—	—	—	—	350	0,5	—	100	0,03	10	0,06	—	172
—	—	—	—	—	—	100	1,58	—	8	—	10	0,27	—	173
—	—	—	—	—	—	150	1,3	—	15	0,6	10	0,1	0,4	174
			—	—	—	150	—	—	13	0	2,8	0,235	—	
—	—	—				100	1,57	—	8	0,7	12	0,27	—	175
—	—	—	—	—	—	100	1,57	—	8	0,7	12	0,24	—	
—	—	—	—	—	—	90	1,9	—	8	—	—	0,6	—	176
—		—	—	—	—	110	2	—	8	1,2	12	0,34	—	174
—	—	—	—	—	—	120	1,975	—	10	—	—	0,25	—	175
—	—	—	—	—	—	100	1,5	—	5	0,85	—	0,18	—	175

Продължение на таблица 9

Означение	Приложение	Отопление: напрежение (в)	Отопление: ток (а)	E_a (в)	E_{p_1} (в)	E_{p_2} (в)	E_{p_3} (в)	E_{p_4} (ма)	I_a (ма)	I_{p_2} (ма)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
DL193	изх. пентод	1,4	2×0,1	150	—7	67,5	—	—	10	3,8
DL650	„ „	1,25	0,015	30	—1,2	30	—	—	0,24	0,06
DL907	„ „	1,4	0,2	120	—5,8	120	—	—	3,5	—
DLL21	изх. дв. пентод	1,4	0,2	120	—8	120	—	—	2×7,5	2×2
		2,8	0,1							
		1,4	0,1	120	—8,7	120	—	—	2×4,1	2×1,1
DLL25	„ „ „	1,4	0,2	120	—8	120	—	—	2	0,85
EAA91	дв. диод АМ/ЧМ дет.	6,3	0,3	330	—	—	—	—	2×9	—
EABC80	троен диод + триод	6,3	0,45	250	—3	—	-	—	1	—
EBC3	дв. диод + НЧ триод	6,3	0,2	250	—5,5	—	—	—	5	—
	RC-усилвател			250	—	—	—	—	0,75	—
EBC11	дв. диод + триод	6,3	0,2	250	—8	—	—	—	5	—
	RC-усилвател			250	—3,75	—	—	—	0,75	—
EBC81	„	6,3	0,23	250	—3	—	—	—	1	.
EBC90	„	6,3	0,23	250	—3	—	—	—	1	—
EBC91	„	6,3	0,3	250	1,5	—	—	—	0,5	—
EBF2	дв. диод + ВЧ пент. с изм. стръмност	6,3	0,2	250	—2	100	—	—	5	1,6
EBF11	„	6,3	0,2	250	—2	100	—	—	5	1,8
EBF80	„	6,3	0,3	250	—2	R_2 = 95 ком	—	—	5	1,75
EBF83	„	6,3	0,3	12,6	—	12,6	—		0,45	0,14
EBF89	„	6,3	0,3	250	—2	250	—	0	9	2,7
EBL1	дв. диод + изх. пентод	6,3	1,18	250	—6	250	—	-	36	4
EBL21	дв. диод + изх. пентод	6,3	0,8	250	—6	250	—	—	36	4,5
EC2	НЧ триод	6,3	0,4	250	—5,5	—	—	—	6	—
EC41	УКВ осцилатор $\lambda_{мин}$ = 2 *см*	6,3	0,2	150	—2	—	—	—	30	—

$I_{ат}$ (ма)	$I_{рт}$ (мка)	$R_к$ (ом)	$R_{р_2}$ (ком)	$R_{ат}$ (ком)	$R_{рт}$ (ком)	R_i (ком)	S_c (ма/в)	μ	$R_а$ (ком)	$P_а$ (вт)	K (%)	$P_{изх}$ (вт)	$C_{ра}$ (пф)	Цокъл
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
—	—	—	—	—	—	70	2,2	—	12	1,5		0,65	—	176
—	—		—	—	—	700	0,35	—	100	—		0,0036	—	177
—	—				—	60	2,7	—	—	2		—	—	178
—	—	—	—	—	—	400	1,5	—	15	1,2	5	1,2	0,6	179
—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	—	3	0,6	—	
—	—	—	—	—	—	400	1,5		15	0,5	—	1,5	0,9	180
—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	181
—	—	—		—	—	58	1,2	70		1	—	—	2,2	182
—	—	1100	—	—	—	15	2			1,5	—		1,3	125
—	—	4000		—	—	—	—	26	200	—	—	—	—	
—	—	1600		—	—	11,5	2,2	—	—	1,5	—	—	—	183
—	—	5000			—	—	—	18	200	—	—	—		
—	—	1800		—	—	—	1,2	70	220	0,5	—	—	1,2	134
—	—	1800	—	—	—	58	1,2	70	100	—	1,4	0,3	1,3	185
—	—	3000	—	—	—	62,5	1,6	100	200	1	—	—	—	185
—	—	300	—	—	—	1300	1,8	—	—	1,5	—	—	0,002	186
—	—	300	—	—	—	2000	1,8	—	—	1,5	—	—	0,002	187
—	—	295	95	—	—	1400	2,2	—	—	1,5	—	—	0,0025	188
—	—	—	—	—	—	650	1	—	—	—	—	—	0,0025	188
—	—	—	62	—	—	1000	3,8	20	—	2,25	—	—	0,0025	188
—	—	150	—	—	—	50	9	—	7	9	10	4,5	0,08	126
—	—	150	—	—	—	50	9	—	7	11	10	4,5	1,4	189
—	—	900	—	—	—	12	2,5	30	—	2	—	—	1,7	161
—	—	—	—	—	—	2,9	5,5	16	—	3,5	—	—	1,6	190

Продължение на таблица 9

Означение	Приложение	Отопление напре-жение (в)	Отопление ток (а)	E_a (в)	E_{p_1} (в)	E_{p_1} (в)	E_{p_3} (в)	E_{p_4} (ма)	I_a (ма)	I_{p_2} (ма)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
EC80	УКВ триод $\lambda_{мин} = 1$ м	6,3	0,48	250	—1,5	—	—	—	15	—
EC84	УКВ триод	6,3	0,225	125	—	—	—	—	16	—
EC92	ВЧ триод	6,3	0,150	250	—2	—	—	—	10	—
EC93	„ „	6,3	0,225	100	—4	—	—	—	16	—
ECC40	двоен триод кл. А	6,3	0,6	250	—2	—	—	—	6	—
	RC-усилвател			250		—	—	—	1,4	—
	противот. кл. А			250	—	—	—	—	2×5,6	—
ECC81	УКВ смесител, осц.	6,3 / 12,6	0,3 / 0,15	250	—2	—	—	—	10	—
ECC82	двоен триод	6,3 / 12,6	0,3 / 0,15	250	—8,5	—	—	—	10,5	—
ECC83	„ „	6,3 / 12,6	0,3 / 0,15	250	—2	—	—	—	1,2	—
ECC84	дв. триод ВЧ усилв.	6,3	0,34	90	—1,5	—	—	—	2×12	—
ECC85	„ „ „ „	6,3	0,435	250	—2	—	—	—	10	—
ECC86	„ „ „ „	6,3	0,330	6,3	0	—	—	—	0,9	—
				12,6	0	—	—	—	2,5	
				25	0	—	—	—	7,5	—
ECC87	„ „ „ „	6,3 / 12,6	0,6 / 0,3	250	—5,5	—		—	2×6,6	—
ECC88	„ „ „ „	6,3	0,365	90	—1,3	—	—	—	15	—
ECC91	дв. триод + ВЧУ + осц.	6,3	0,45	100	—0,85	—	—	—	8,5	—
ECF80	пентодна част	6,3	0,3	170	—2	170	—	—	10	2,8
	триодна част			100	—2	—		—	14	—
ECF82	пентодна част	6,3	0,45	250	—0,9	110	—	—	10	3,5
	триодна част			150	—0,95	—	—	—	18	—

	$I_{ат}$ (*ма*)	$I_{рт}$ (*мка*)	$R_к$ (*ом*)	R_{p_2} (*ком*)	$R_{ат}$ (*ком*)	$R_{рт}$ (*ком*)	R_i (*ком*)	S_c (*ма/в*)	μ	R_a (*ком*)	P_a (*вт*)	*K* (%)	$P_{изх}$ (*вт*)	C_{pa} (*пф*)	Цокъл
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	—	—	—	—	—	—	—	12	80	—	4	$C_{ак} = 0,06$ *пф*		3,4	191
	—	—	70	—	—	—	4,2	10	42	—	2,25	—	—	2,4	192
	—	—	200	—	—	—	5,5	5,5	60	—	—	—		1,5	193
	—	—	250	—	—	—	1,9	8	—	—	—	—	—	1,7	194
	—	—	920	—	—	—	11	2,9	30	15	15	8,5	0,28	2,6	195
	—	—	2200	—	—	—	—	2,4	—	100	—	—	—	—	
	—	—	560	—	—	—	—	—	—	30	—	1	0,52	—	
ECC81	—	—	—	—	—	—	—	5	60	—	2,5	—	—	—	196
ECC82	—	—	—	-	—	—	7,7	2,2	17	—	—	—	—	—	196
ECC83	—	—	—	—	—	—	62,5	1,6	100	—	1	—	—	1,7	196
	—	—	—	—	—	—	4	6	—	—	—	—	—	1,2	197
	—	—	—	—	—	—	9	6	—	—	2,5	—	—	1,5	198
	—	—	—	—	—	—	—	2,6	—	5	—	—	—	1,3	198
	—	—	—	—	—	—	—	4,6	—	3,4	—	—	—	1,3	
	—	—	—	—	—	—	—	7,8	—	2,1	-	—	—	1,3	
	—	—	—	—	—	—	—	2,8	—	11,5	—	—	—	2,6	196
	—	—	—	—	—	—	—	12,5	33	—	—	—	—	1,4	198
6J6	—	—	100	—	—	—	7,1	5,3	40	—	1,5	—	—	1,6	199
	—	—	—	—	—	—	400	6,2	—	2,5	1,7	—	—	0,025	200
	—	—	—	—	—	—	—	5	20	—	1,5	—	—	1,5	
	—	—	—	—	—	—	400	5,2	—	—	2,5	—	—	0,01	200
	—	—	—	—	—	—	4,7	8,5	—	—	2,8	—	—	1,8	

Продължение на таблица 9

Означение	Приложение	Отопление: напрежения (в)	Отопление: ток (а)	E_a (в)	E_{p_1} (в)	E_{p_2} (в)	E_{p_3} (в)	E_{p_4} (ма)	I_a (ма)	I_{p_2} (ма)
1	2	3	4	5	6	7	3	9	10	11
ECF83	пентодна част	6,3	0,4	60	—2,3	50	—	—	3	1,25
	триодна част			60	—3,7	—	—	—	6,5	—
ECH3	хексод + триод	6,3	0,2	250	—2	100	—10	100	3	3
ECH4	хептод + триод	6,3	0,35	250	—2	100	—9,5	100	3	6,2
ECH11	хексод + триод	6,3	0,2	260	—2	100	—10	100	2,3	3
ECH21	хептод + триод	6,3	0,33	250	—2	100	—9,5	100	3	6,2
ECH41	хексод + триод	6,3	0,225	250	—2	105	8	105	3	2,2
ECH42	„ „	6,3	0,23	250	—2	85	8	85	3	3
ECH81	хептод + триод	6,3	0,3	250	—2	100	—9,4	100	3,2	6
ECH83	хептодна част	6,3	0,3	6,3	0	6,3	—	—	0,05	0,08
				12,6	0	12,6	—	—	0,17	0,3
	триодна част			6,3	0	—	—	—	0,3	—
				12,6	0	—	—	—	0,75	—
ECL11	тетрод	6,3	1	250	—6	250	—	—	36	4
	триод			250	—2,5	—	—	—	2	—
ECL80	пентод кл. А	6,3	0,3	170	—6,7	170	—	—	15	2,8
	триод			100	0	—	—	—	8	—
ECL81	пентод	6,3	0,6	200	—7	200	—	—	30	4,8
	триод			150	—1,9	—	—	—	1,3	—
ECL82	пентод кл. А	6,3	0,78	200	—16	200	—	—	35	7
	триод			100	0	—	—	—	3,5	—
ECL84	пентод	6,3	0,72	220	—2,9	220	—	—	18	3,1
	триод			200	—1,7	—	—	—	3	—
EDD11	дв. триод прот. кл. В	6,3	0,4	250	—6,3	—	—	—	2×3,5	—
EF3	ВЧУ с изм. стр.	6,3	0,24	250	—2,5	100	—	—	8	3,1
EF5	„ „ „ „	6,3	0,2	250	—3	100	—	—	8	2,6

$I_{ат}$ (ма)	$I_{рт}$ (мка)	$R_к$ (ом)	$R_{р_2}$ (ком)	$R_{ат}$ (ком)	$R_{рт}$ (ком)	R_i (ком)	S_c (ма/в)	μ	R_a (ком)	P_a (вт)	K (%)	$P_{изх}$ (вт)	$C_{ра}$ (пф)	Цокъл
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
—	—	—	—		—	600	1,3	10	—	1	—	—	0,025	201
—	—	—	—	—	—	3	3,6	11	—	1	—	—	2,8	
3,3	200	215	24/33	45	50	1300	0,65	—	—	1,2	—	—	—	202
4,5	190	160	24	20	50	1400	0,75	—	—	1,5	—	—	—	203
3,4	200	230	35/60	30	50	800	0,65	—	—	1,8	—	—	—	204
4,5	190	150	24	20	50	1400	0,76	—	—	1,8	—	—	—	205
4,9	—	200	33/47	30	20	2000	0,5	—	—	0,8	—	—	—	206
5,1	—	130	27/27	33	22	1000	0,75	—	—	1,5	—	—	—	206
5	200	—	25	33	47	1000	0,78	—	—	1,7	—	—	—	207
—	—	—	—	—	—	1,3	0,09	—	—	—	—	—	0,006	207
—	—	—	—	—	—	1,5	0,22	—	—	—	—	—	0,006	
—	—	—	—	—	—	—	0,8	—	—	—	—	—	1	
—	—	—	—	—	—		1,4	—	—	—	—	—	1	
—	—	—	—	—	—	25	9	—	—	9	—	—	0,8	208
—	—	—	—	—	—	35	2	70	—	0,5	—	—	1,5	
—	—	—	—	—	—	150	3,2	—	11	3,5	10	1	—	209
—	—	—	—	—	—	10,5	1,9	20	—	1	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	22	8,75	—	7	6,5	10	—	0,45	210
—	—	—	—	—	—	34	1,6	56	—	1	—	—	2,1	
—	—	—	—	—	—	20	6,4	—	5,6	5,0	—	—	0,3	211
—	—	—	—	—	—	—	2,5	70	—	1	—	—	4,5	
—	—	—	—	—	—	150	10	36	3	4	—	—	—	212
—	—	—	—	—	—	—	4	65	—	1	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	16	2×3	10	5,5	—	213
—	—	250	—	—	—	1500	1,8	—	—	2	—	—	0,003	131
—	—	300	—	—	—	1200	1,7	—	—	2	—	—	0,003	131

Продължение на таблица 9

Означение	Приложение	Отопление напрежение (в)	Отопление ток (а)	E_a (в)	E_{p_1} (в)	E_{p_2} (в)	E_{p_3} (в)	E_{p_4} (ма)	I_a (ма)	I_{p_2} (ма)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
EF6	ВЧ пентод	6,3	0,2	250	—2	100	—	—	3	0,8
EF8	ВЧ хексод с изм. стр.	6,3	0,2	250	—2,5	250	—	—	8	0,2
EF9	ВЧ пентод с изм. стр.	6,3	0,2	250	—2,5	100	—	—	6	1,7
EF11	„ „ „ „ „	6,3	0,2	250	—2	100	—	—	6	2
EF12	пентод ВЧУ	6,3	0,2	250	—2	100	—		3	1
EF13	ВЧ пентод с изм. стр.	6,3	0,2	250	2	100	—	—	4,5	0,6
EF14	ВЧ пентод	6,3	0,47	250	—5	200		-	12	1,9
EF22	ВЧ пентод с изм. стр.	6,3	0,2	250	2,5	100	—	—	6	1,7
EF40	НЧ пентод	6,3	0,2	250	—2	140	—	—	3	0,55
EF41	ВЧ пентод с изм. стр.	6,3	0,2	250	2,5	100	—	—	6	1,7
EF42	телев. пентод	6,3	0,33	250	—2	250	-	—	10	2,4
EF50	„ „	6,3	0,3	250	-2	250	—	—	10	3
EF80	ВЧ пентод, УКВ смес.	6,3	0,3	250	—3,5	250	-	—	10	2,8
EF83	НЧ пентод	6,3	0,2	250	—1,6	50	0	—	4	1,15
EF85	пент. с изм. стр.	6,3	0,3	250	—2	100	—	—	10	2,5
EF86	НЧ пентод	6,3	0,2	250	—2	140	0	—	3	0,6
EF87	ВЧ пентод	6,3	0,3	250	—2	100		—	3,3	0,64
EF88	„ „	6,3	0,3	250	—2	100	—	—	7	2,1
EF89	ВЧ пент. с изм. стр.	6,3	0,2	250	—2	100	—	—	9	3
EF91	ВЧ пентод	6,3	0,3	250	—2	250	—	—	10	2,5
EF92	ВЧ пент. с изм. стр.	6,3	0,2	250	—2,5	200	—	—	8	2,1
EF93	ВЧ, НЧ пент. с изм. стр.	6,3	0,3	250	—1	105	—	—	11	4,4
EF94	ВЧ, НЧ пентод	6,3	0,3	250	—1	150	—	—	10,8	4,3
EF95	ВЧ пент. широк. ус.	6,3	0,175	180	—	120	—	—	7,7	2,4
EF96	„ „ „ „	6,3	0,3	250	—	150	—	—	7,0	2,0

$I_{ат}$ (*ма*)	$I_{рт}$ (*мка*)	$R_к$ (*ом*)	R_{p_2} (*ком*)	$R_{ат}$ (*ком*)	$R_{рт}$ (*ком*)	R_i (*ком*)	S_c (*ма/в*)	μ —	R_a (*ком*)	P_a (*вт*)	K (%)	$P_{изх}$ (*вт*)	C_{pa} (*пф*)	Цокъл
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
—	—	525	—	—	—	2500	1,8	—	—	1	—	—	0,003	131
—	—	300	—	—	—	450	1,8	—	—	2,5	—	—	0,007	214
—	—	325	—	—	—	1250	2,2	—	—	1,8	—	—	0,002	131
—	—	250	—	—	—	3000	2,2	—	—	2	—	—	0,002	215
—	—	500	—	—	—	1500	2,1	—	—	1,5	—	—	0,002	215
—	—	400	—	—	—	1000	2,3	—	—	2	—	—	0,005	216
—	—	350	—	—	—	180	7	—	—	5	—	—	0,01	217
—	—	325	—	—	—	1250	2,2	—	—	1,8	—	—	0,002	218
—	—	—	—	—	—	2500	1,85	—	—	1	—	—	0,04	219
—	—	325	—	—	—	1000	2,2	—	—	2	—	—	0,002	220
—	—	160	—	—	—	500	9	—	—	3,5	—	—	0,006	221
—	—	—	—	—	—	1000	6,5	—	—	3	—	—	0,007	222
—	—	—	—	—	—	650	6,8	—	—	2,5	—	—	0,007	223
—	—	—	—	—	—	1250	1,6	—	—	1	—	—	0,05	224
—	—	—	—	—	—	500	6	—	—	2,5	—	—	0,007	223
—	—	—	—	—	—	2500	2	—	—	1	—	—	0,05	224
—	—	—	—	—	—	1500	1,9	—	—	1,5	—	—	0,025	224
—	—	—	—	—	—	900	2,1	—	—	2	—	—	0,02	224
—	—	—		—	—	1000	3,6	—	—	2,25	—	—	0,002	225
—	—	160	—	—	—	1000	7,6	—	—	2,5			0,008	226
—	—	250	—	—	—	—	2,5	—	—	2,5	—	—	0,004	226
—	—	—	—	—	—	1500	4,4	—	—	—	—	—	—	227
—	—	—	—	—	—	1000	5,2	—	—	—	—	—	—	227
—	—	160	—	—	—	500	5,1	—	—	—	—	—	—	228
—	—	200	—	—	—	800	5	—	—	2,5	—	—	—	229

Продължение на таблица 9

Означение	Приложение	Отопление		E_a (в)	E_{p_1} (в)	E_{p_2} (в)	E_{p_3} (в)	E_{p_4} (ма)	I_a (ма)	I_{p_2} (ма)
		напрежение (в)	ток (а)							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
EF97	ВЧ, МЧ пент. с изм. стр.	6,3	0,3	6,3	−0,85	3,2	—	—	0,8	0,3
				12,6	−0,8	6,3	—	—	2,5	0,9
EF98	МЧ, НЧ пентод	6,3	0,3	6,3	−0,9	3,2	—	—	0,5	0,17
				12,6	−0,85	6,3	—	—	1,85	0,55
EF111	ВЧ пентод с изм. стр.	6,3	0,2	250	−2	100	—	—	6	2
EF112	ВЧ пентод	6,3	0,2	250	−2	100	—	—	3	1
EF171	ВЧ пент. с изм. стр.	6,3	0,2	250	−2	100	—	—	6	2
EF172	ВЧ пентод	6,3	0,32	250	−2	100	—	—	5	0,5
EF173	ВЧ пент. с изм. стр.	6,3	0,2	250	−2	100	—	—	4,5	0,6
EF174	ВЧ пентод	6,3	0,45	200	−3,5	200	—	—	12	3,0
EF175	ВЧ пентод с изм. стр.	6,3	0,45	250	−2	100	—	—	12	3
EF190	пентод	6,3	0,3	200	−2	150	—	—	9,5	2,8
EF410	ВЧ пентод	6,3	0,2	250	−2,5	100	—	—	6	1,7
EF800	ВЧ пент. широк. ус.	6,3	0,3	170	−2	170	—	—	10	2,5
EF802	ВЧ, НЧ пент. широк. ус.	6,3	0,3	170	−1,8	170	—	—	12	3
EF804	НЧ пентод	6,3	0,2	250	−2	140	—	—	3	0,55
EF804S	„ „	6,3	0,17	250	−2	140	0	—	3,2	0,6
EF805S	ВЧ, НЧ пентод	6,3	0,295	200	—	140	—	—	10	2,5
EF806S	НЧ пентод	6,3	0,2	250	—	140	—	—	3,2	0,6
EFF50	дв. пент. УКВ ус.	6,3	0,6	250	−2	200	—	—	6	0,8
EFF51	„ „ „ „	6,3	0,75	300	−2	225	—	—	10	1,3
EFM1	НЧ пент. с изм. стр. + индикатор . .	6,3	0,2	250	−2	40	—	—	0,8	0,6
EFM11	„ „ „ „ „ „ . .	6,3	0,2	250	−0,5	17	—	—	0,98	0,46
EH1	ВЧ хексод с изм. стр.	6,3	0,4	250	−2	80	—	—	3	1,1
EH90	хексод	6,3	0,3	10	0	30	—	—	1,2	4,1
				100	−1	80	—	—	0,75	1,1
EH900S	хептод	6,3	0,3	150	−10	75	0	—	0,2	18,6

$I_{ат}$ (*ма*)	$I_{рт}$ (*мка*)	$R_к$ (*ом*)	R_{p_2} (*ком*)	$R_{ат}$ (*ком*)	$R_{рт}$ (*ком*)	R_i (*ком*)	S_c (*ма/в*)	μ —	R_a (*ком*)	P_a (*вт*)	*K* (%)	$P_{изх}$ (*вт*)	C_{pa} (*пф*)	Цокъл
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
—	—	—	—	—	—	70	0,9	—	—	0,5	—	—	0,02	231
—	—	—	—	—	—	100	1,8	—	—	—	—	—	0,02	
—	—	—	—	—	—	30	0,9	—	—	0,5	—	0,0012	0,02	231
—	—	—	—	—	—	200	2	—	—	0,5	—	0,014	0,02	
—	—	250	—	—	—	3000	2,2	—	—	2	—	—	0,002	217
—	—	500	—	—	—	1500	2,1	—	—	1,5	—	—	0,002	217
—	—	250	—	—	—	3000	2,2	—	—	2	—	—	—	230
—	—	300	—	—	—	800	3,0	—	—	1,5	—	—	0,005	230
—	—	400	—	—	—	1000	2,3	—	—	2	—	—	0,005	230
—	—	230	—	—	—	150	9	—	—	5	—	—	0,01	230
—	—	140	—	—	—	—	4,5	—	—	5	—	—	0,01	230
—	—	180	—	—	—	600	6,2	—	—	2	—	—	0,02	231
—	—	—	—	—	—	1000	2,2	—	—	2	—	—	—	220
—	—	—	—	—	—	400	7,2	—	—	2,5	—	—	—	223
—	—	—	—	—	—	300	8	—		2,5	—	—	—	232
—	—	—	—	—	—	2500	2	—	—	1,5	—	—		233
—	—	500	—	—	—	2500	2	—	—	1,5	—	—	—	233
—	—	120	—	—	—	—	6,5	—	—	—	—	—	0,007	223
—	—	500	—	—	—	2500	2	—	—	—	—	—	—	224
—	—	—	—	—	—	350	8	—	—	3	—	—	0,04	224
—	—	—	—	—	—	250	9	—	—	3	—	—	0,04	234
—	—	980	—	—	—	—	0,65	—	130	0,4	—		—	235
—	—	—	—	—	—	700	0,95	—	160	0,4	—	—	0,9	236
—	—	500	—	—	—	2000	1,8	—	—	1,5	—	—	—	132
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	237
—	—	—	—	—	—	1000	0,95	—	—	1	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	237

Продължение на таблица 9

Означение	Приложение	Отопление		E_a (в)	E_{p_1} (в)	E_{p_2} (в)	E_{p_3} (в)	E_{p_4} (ма)	I_a (ма)	I_{p_2} (ма)
		напрежение (в)	ток (а)							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
EK1	октод	6,3	0,4	250	—9,5	90	70	—1,5	1,6	—
EK2	„	6,3	0,2	250	—10	200	50	—2	1	1,1
EK3	„	6,3	0,6	250	15	100	100	—2,5	2,5	5,5
EK90	хептод	6,3	0,3	250	—10	100	—1	100	3,3	6,9
EL1	изх. пентод	6,3	0,4	250	—18,5	250	—	—	32	4,5
EL2	„ „	6,3	0,2	250	—	250	—		32	5
EL3	„ „	6,8	0,9	250	—6	250	-		36	4
EL5	„ „	6,3	1,35	250	—14	275	—	-	72	7
EL6	„ „	6,3	1,3	250	7	250	-	—	72	8
EL11	„ „	6,3	0,9	250	—6	250	—	—	36	4
EL12	„ „	6,3	1,2	250	—7	250	—	—	72	8
EL31	„ „	6,3	0,5	250	7,5	250	—	—	20	3,2
EL32	„ „	6,3	0,2	250	—6	250	—	—	32	5
EL33	„ „	6,3	0,9	250	—6	250	—	—	36	4
EL34	„ „	6,3	1,5	265	—13,5	250	—	—	100	14,9
EL35	„ „	6,3	1,35	250	—14	275	—	—	72	7
EL36	„ „	6,3	1,2	250	—7	250	-	—	72	8
EL38	ус. за хориз. откл.	6,3	1,4	250	—7	250	- -	—	100	13
EL39	изх. пентод	6,3	1,35	400	—33	425	—	—	45	5
EL41	„ „	6,3	0,71	250	—7	250	—	—	36	5,2
EL42	„ „	6,3	0,2	225	—	225	—	-	26	4,1
EL50	„ „	6,3	1,35	400	—33	425	—	—	45	5,5
EL51	„ „	6,3	1,9	500	—22	500	—	—	90	12
EL53	„ „	6,3	1	300	—6	300	—	—	36	4
EL54	„ „	6,3	1,3	300	—12,2	325	-	-	2×67	2×14
EL81	„ „	6,3	1,0	200	—28	200	—	—	40	2,8

$I_{ат}$ (*ма*)	$I_{рт}$ (*мка*)	$R_к$ (*ом*)	$R_{р_2}$ (*ком*)	$R_{ат}$ (*ком*)	$R_{рт}$ (*ком*)	R_i (*ком*)	S_c (*ма/в*)	μ	R_a (*ком*)	P_a (*вт*)	*K* (%)	$P_{изх}$ (*вт*)	C_{pa} (*пф*)	Цокъл
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	[illegible]	26	25
2	—	200	—	—	—	1500	0,6	—	—	0,5	—	—		134
2,5	200	490	—	—	50	2000	0,55	—	—	1	—	—	—	134
5	300	190	—	—	50	2000	0,65	—	—	1			—	134
—	500	—	—	—	20	1000	0,5	—	—	1	—			237
—	—	500	—	—	—	48	2,6	—	11,5	8	—	2,8		136
—	—	485	—	—	—	70	2,8	—	8	8	10	3,6		136
—	—	150	—	—	—	50	9	—	7	9	10	4,5	—	137
—	—	175	—	—	—	22	8,5	—	3,5	18	10	8,8	0,8	137
—	—	90	—	—	—	20	14,5	—	3,5	18	10	8,2	0,7	137
—	—	150	—	—	—	50	9	—	7	9	10	4,5	—	239
—	—	90	—	—	—	25	15	—	3,5	18	10	8	0,7	239
—	—	320	—	—	—	60	5,5	—	12,5	5	10	2	0,5	240
—	—	485	—	—	—	70	2,8	—	8	8	10	3,6	—	241
—	—	150	—	—	—	50	9	—	7	9	10	4,5	—	242
—	—		—	—	—	15	11	—	2	25	10	11	1	243
—	—	175	—	—	—	22	8,5	—	3,5	18	10	8,8	0,8	242
—	—	90	—	—	—	25	15	—	3,5	18	10	8	0,7	242
—	—	—	—	—	—	21	14,3	—	—	25	—	—	—	240
—	—	—	—	—	—	30	6	—	—	18	—	—	—	242
—	—	170	—	—	—	40	10	—	—	7	10	3,9	1	244
—	—	360	—	—	—	90	3,2	—	9	6	12	2,8	0,2	244
—	—	—	—	—	—	30	6	—	—	18	—	—	0,8	245
—	—	—	—	—	—	33	11	—	—	45	—	—	1	246
—	—	—	—	—	—	—	7	—	—	20	—	—	—	137
	—	2×200	—	—	—	28	13	—	5	25,5	—	5	0,7	137
—	—	—	—	—	—	11	6	—	—	8	—	—	0,8	247

Продължение на таблица 9

Означение	Приложение	Отопление		E_a (в)	E_{p_1} (в)	E_{p_2} (в)	E_{p_3} (в)	E_{p_4} (ма)	I_a (ма)	I_{p_2} (ма)
		напрежение (в)	ток (а)							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
EL83	широколентов пентол	6,3	0,72	250	—5,5	250	—	—	36	5
EL84	изходящ пентод	6,3	0,76	250	—7,5	250	—	—	48	5,5
EL86	НЧ пентод	6,3	0,76	170	—12,5	170	—	—	70	5
EL90	изх. пентод	6.3	0,45	250	—12,5	250	—	—	46	4,7
EL91	„ „	6,3	0,2	250	—	250	—	—	16	2,4
EL95	„ „	6,3	0,2	250	—9	250	—	—	24	4,5
EL152	„ „	6,3	1,4	300	—24	250	—	—	130	20
EL153	изх. тетрод	6,3	1,55	650	—80	210	—	—	130	4
EL156	изх. пентод	6,3	1,9	800	—24	350	—	—	2×120	2×25
EL803	„ „	6,3	0,73	200	—3,5	200	0	—	32	4,7
EL803S	„ „	6,3	0,73	200	—	200	—	—	32	4,7
EL804	„ „	6,3	0,7	140	—	170	—	—	70	5
EM2	индикатор + НЧУ	6,3	0,2	200	—2,5	—	—	—	3	—
EM3	„ „	6,3	0,2	250	—21	—	—	—	0,22	—
EM4	индикатор	6,3	0,2	250	—5	—	—	—	1,75	—
EM11	„	6,3	0,2	250	—4	—	—	—	0,07	—
EM80	„	6,3	0,3	250	—	250	—	—	—	—
EM81	„	6,3	0,3	100	—1	250	—	—	0,37	2
EM84	„	6,3	0,27	250	—	—	—	—	0,45	1,1
EMM801	„	6,3	0,3	100	—2	—	—	—	2,5	—
PABC60	троен диод + триод	9,5	0,3	200	—2,3	—	—	—	1	—
PC86	УКВ триод	3,6	0,3	175	—1,5	—	—	—	12	—
PC92	„ „	3,1	0,3	200	—1	—	—	—	11,5	—
PCC84	двоен триод	7,2	0,3	90	—1,5	—	—	—	12	—
PCC85	„ „	9,0	0,3	170	—1,5	—	—	—	10	—
PCC88	„ „	7,0	0,3	90	—1,3	—	—	—	15	—

$I_{ат}$ (ма)	$I_{рт}$ (мка)	$R_к$ (ом)	$R_{р_2}$ (ком)	$R_{ат}$ (ком)	$R_{рт}$ (ком)	R_i (ком)	S_c (ма/в)	μ	R_a (ком)	P_a (вт)	K (%)	$P_{изх}$ (вт)	$C_{ра}$ (пф)	Цокъл
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
—	—	—	—	—	—	100	10,5	—	—	9	—	—	0,1	248
—	—	140	—	—	—	40	11	—	5,2	12	10	5,7	0,5	249
—	—	—	—	—	—	23	10	—	—	12	—	—	1	249
—	—	250	—	—	—	52	4,1	—	5	—	10	4,5	—	250
—	—	680	—	—	—	130	2,6	—	16	4	—	1,4	0,5	251
—	—	320	—	—	—	80	5	—	10	6	—	—	0,4	250
—	—	180	—	—	—	10	6,5	—	2	40	—	18	0,12	252
—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	30	—	—	—	253
—	—	1000	—	—	—	—	—	—	9,5	130	—	—	—	254
—	—	110	—	—	—	100	10	—	—	9	—	—	0,12	255
—	—	110	—	—	—	100	10	—	—	6,5	—	—	0,12	255
—	—	160	—	—	—	14	10	—	—	10	—	—	0,15	256
—	—	800	—	—	—	25	2	50	100	1,5	—	—	—	139
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1000	—	—	—	—	139
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	257
—	—	—	—	—	—	—	—	—	2000	—	—	—	—	258
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	259
—	—	—	—	—	—	—	1,8	—	470	—	—	—	—	260
—	—	—	—	—	—	—	—	—	500	—	—	—	—	261
—	—	—	—	—	—	—	1	19	400	0,2	—	—	—	262
—	—	—	—	—	—	50	1,4	70	330	1	—	—	2	182
—	—	125	—	—	—	—	14	68	—	2,2	—	—	2	267
—	—	—	—	—	—	—	6,7	66	—	2,5	—	—	1,8	193
—	—	—	—	—	—	—	6	24	—	2	—	—	1,2	197
—	—	330	—	—	—	—	6,2	50	—	2,5	—	—	1,5	198
—	—	—	—	—	—	2,6	12,5	33	—	1,8	—	—	0,005	198

Продължение на таблица 9

Означение	Приложение	Отопление: напрежение (в)	Отопление: ток (а)	E_a (в)	E_{p_1} (в)	E_{p_2} (в)	E_{p_3} (в)	E_{p_4} (ма)	I_a (ма)	I_{p_2} (ма)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PCF80	триод	9,0	0,3	100	—2	—	—	—	14	—
	пентод			170	—2	170	—	—	10	2,8
PCF82	триод	9,0	0,3	150	—2	—	—	—	11	—
	пентод	—	—	170	—0,9	110	—	—	10	3,3
PCL81	триод	12,6	0,3	200	—1,5	—	—	—	0,5	—
	пентод	—	—	200	—7	200	—	—	30	5,3
PCL82	триод	16	0,3	100	0	—	—	—	3,5	—
	пентод			170	—11,5	170	—	—	41	8
PCL84	триод	15	0,3	200	—1,7	—	—	—	3	—
	пентод			200	—2,9	200	—	—	18	3,1
PL36	изх. пентод	25	0,3	100	—8,2	100	—	—	100	7
PL81	телев. развивка	21,5	0,3	170	—22	170	—	—	45	3
PL82	ус. верт. откл.	16,5	0,3	170	—10,4	170	—	—	53	10
PL83	видеоусилв.	15	0,3	170	—2,3	170	—	—	36	5
PL84	изх. пентод	15	0,3	170	—12,5	170	—	—	70	5
PM84	индикатор	4,2	0,3	170	—	—	—	—	0,3	—
UAA91	двоен диод	19	0,1	117	—	—	—	—	2×9	—
UABC80	троен диод + триод	28,5	0,1	200	—2,3	—	—	—	1	—
UBC81	двоен диод + триод	14	0,1	170	—1,5	—	—	—	1,5	—
UBF11	двоен диод + пентод	20	0,1	200	—2	80	—	—	5	1,7
UBF80	» » »	17	0,1	200	—2	80	—	—	5	1,75
UBF89	» » »	19	0,1	200	—1,5	100	—	—	11	3,3
UBL21	двоен диод + пентод	55	0,1	180	—10	180	—	—	61	10
UC92	УКВ триод	9,5	0,1	250	—2	—	—	—	10	—
UCC85	УКВ двоен триод	26	0,1	170	—1,6	—	—	—	9,5	—

$I_{ат}$ (*ма*)	$I_{рт}$ (*мка*)	$R_к$ (*ом*)	R_{p_2} (*ком*)	$R_{ат}$ (*ком*)	$R_{рт}$ (*ком*)	R_i (*ком*)	S_c (*ма/в*)	μ	R_a (*ком*)	P_a (*вт*)	*К* (%)	$P_{изх}$ (*вт*)	C_{pa} (*пф*)	Цокъл
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
—	—	—	—	—	—	—	5	20	—	1,5	—	—	1,5	200
—	—	—	—	—	—	400	6,2		—	1,7	—	—	0,025	
—	—	—	—	—	—	—	5,8	35	—	1,5	—	—	1,8	200
—	—	—	—	—	—	400	5,5	32	—	2	—	—	0,01	
—	—	—	—	—	—	—		—	200	1	—	—	1,3	263
—	—	—	—	—	—	22	8,75	—	6,7	6,5	—	—	0,45	
—	—	—	—	—	—	—	2,5	70	—	0,5	—	—	4,5	264
—	—	—	—	—	—	16	7,5	—	—	5	—	—	0,3	
—	—	—	—	—	—	—	4	65	—	1	—	—	2,7	265
—	—	—	—	—	—	130	10,4	—	—	4	—	—	0,1	
—	—	—	—	—	—	5	14	—	—	10	—	—	1,1	266
—	—	—	—	—	—	10	6,2	—	—	8	—	—	0,8	247
—	—	—	—	—	—	20	9	—	—	9	—	—	1	249
—	—	—	—	—	—	100	10,5	—	—	9	—	—	0,1	248
—	—	—	—	—	—	23	10	—	—	12	—	—	0,6	249
—	—	—	—	—	—	—	—	—	470	0,5	—	—	—	261
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	181
—	—	—	—	—	—	50	1,4	70	—	1	—	—	2	182
—	—	—	—	—	—	42	1,65	70	—	0,5	—	—	1,2	268
—	—	300	—	—	—	1500	1,8	—	—	1,5	—	—	0,002	183
—	—	—	—	—	—	1000	2,2		—	1,5	—	—	0,0025	188
—	—	—	—	—	—	600	4,5	—	—	2,25	—	—	0,0025	188
—	—	140	—	—	—	22	9	—	3	11	10	4,8	1,2	189
—		—	—			—	5	60	—	2,5	—	—	1,5	193
—		170	—	—	—	8,3	6	—	—	2,5	—	—	1,5	198

Продължение на таблица 9

Означение	Приложение	Отопление напрежение (в)	Отопление ток (а)	E_a (в)	E_{p_1} (в)	E_{p_2} (в)	E_{p_3} (в)	E_{p_4} (ма)	I_a (ма)	I_{p_2} (ма)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
UCH4	триод + хептод	20	0,1	200	—2	100	—9,5	100	3,5	6,5
UCH11	триод + хексод	20	0,1	200	—2	60	7	80	2,5	3
UCH21	„ „	20	0,1	200	—2	100	—9,5	100	3,5	6,5
UCH41	„ „	14	0,1	170	—1,8	100	7	100	2,2	1,9
UCH42	„ „	14	0,1	170	—1,85	100	8	100	2,1	2,6
UCH81	триод + хептод	19	0,1	170	—2	100	—9,4	100	2,9	6
UCL81	триод	39	0,1	200	—1,5	—	—	—	0,5	—
	пентод			200	—7	200	—	—	30	5,3
UCL82	триод	50	0,1	100	0	—	—	—	3,5	—
	пентод			200	—16	200	—	—	35	7
6F32	ВЧУ	0,3	0,175	120	—2	120	—	—	7,5	2,5
6F35	ВЧУ, МЧУ	6,3	0,175	28	—0,8	28	—	—	3	1,3
6F36	ВЧУ	6,3	0,45	300	—2	150	—	—	10,25	2,2
6H31	„	6,3	0,3	250	—	100	— 1,5	—	2,8	7,3
6L10	изх. пентод	6,3	0,65	300	—3	150	0	—	30	7
6L31	НЧУ	6,3	0,45	250	—12,5	250	-	—	45	4,5
6L41	ВЧУ	6,3	0,75	300	—6	250	0	—	30	5
6L43	широколент. усилвател	6,8	0,65	300	—3	150	0	—	30	7
6L50	ВЧУ, НЧУ	6,3	1,0	400	—25	250	0	—	30	2
6L50V	„ „	6,3	1,0	400	—25	250	0	—	30	2
12BC32	двоен диод + триод	12,6	0,15	100	—1	100	—	—	0,5	—
12F31	ВЧУ, МЧУ	12,6	0,15	100	—	100	—	—	10,8	4,4
12H31	„ „	12,6	0,15	100	—	100	1,5	—	2,8	7,3
18F24	ВЧ и НЧ широкол. усилв.	18	0,165	250	—2,1	200	—	—	15	1,9
35L31	НЧУ	35	0,15	200	—13	200	—	—	55	9,5

$I_{ат}$ (*ма*)	$I_{рт}$ (*мка*)	$R_к$ (*ом*)	R_{p_2} (*ком*)	$R_{ат}$ (*ком*)	$R_{рт}$ (*ком*)	R_i (*ком*)	S_c (*ма/в*)	μ	R_a (*ком*)	*K* (%)	P_a (*вт*)	$P_{изх}$ (*вт*)	C_{pa} (*пф*)	Цокъл
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
4,)	190	150	15,5	20	50	1000	0,75	—	—	1,5	—	—	—	269
2,8	—	240	40	30	50	1000	0,75	—	—	1,5	—	—	—	204
4,1	190	150	15,5	20	50	1000	0,75	—	—	1,5	—	—	—	205
4,9	—	200	—	10	20	1200	0,45	—	—	0,8	—	—	—	206
6,5	—	180	—	10	22	1000	0,67	—	—	1,5	—	—	—	206
4,5	200	—	12	15	47	900	0,725	—	—	1,7	—	—	—	207
—	—	—	—	—	—	—	—	—	200	1	—	—	2,1	263
—	—	—	—		—	22	8,75	—	—	6,5	—	—	0,45	
—	—	—			—	—	2,5	70	—	1	—	—	4,5	264
—	—	—	—	—	—	20	6,4	—	—	5	—	—	0,3	
—	—	—	—	—	—	300	5	25	—	1,7	—	—	0,025	228
—	—	270	—	—	—	100	2,75		—	1,7	—	—	0,03	228
—	—	160	—	—	—	1000	9	—	—	3,3	—	—	0,03	238
—	—	—	—	—	—	500	0,455	—	—	1	—	—	0,05	237
—	—	—	—	—	—	90	11	—	—	9	—	—	0,06	270
—	—	—	—	—		52	4,25	—		12	—	—	0,35	250
—	—	—	—	—	—	—	7	—	—	12	—	—	0,45	271
—	—	—	—	—	—	90	11	—	—	9	—	—	0,1	272
—	—	—	—	—	—	75	3,5	—	—	25	—	—	0,3	273
—	—	—	—	—	—	75	3,5	—	—	18	—	—	0,3	273
—		—	—	—	—	80	1,25	100	—	0,5		—	2	185
—	—	—	—	—	—	250	4,3	—	—	3	—		0,0035	227
—	—		—	—	—	500	0,455	—	—	1	—	—	0,005	237
—	—	—	—	—	—	300	10,5	—	—	4	—	—	0,035	274
—	—	—	—	—	—	25	8	—	—	11	—	—	1,2	250

Таблица 10

Германиеви точкови диоди[1] (съветски)

Означение[3]	Максимално обратно напрежение (*в*)	Максимално обратно пробивно напрежение (*в*)	Минимален постоянен ток при напрежение 1 *в* (*ма*)	Максимален обратен ток при различни работни напрежения		Максимален изправен ток[2] (*ма*)
				напрежение (*в*)	ток (*ма*)	
ДГ-Ц1	50	60	2,0	—50	1	16
ДГ-Ц2	50	75	5,0	—50	0,5	16
ДГ-Ц3	50	75	2,5	—50	0,1	16
ДГ-Ц4	75	100	5,0	—75	0,8	16
ДГ-Ц5	75	100	2,0	—75	0,25	16
ДГ-Ц6	100	125	5,0	—100	0,8	16
ДГ-Ц7	100	125	2,0	—100	0,25	16
ДГ-Ц8	30	50	10,0	—30	0,5	25
ДГ-Ц9	30	45	10,0	—10	0,1	16
ДГ-Ц10	30	45	5,0	—10	0,06	16
ДГ-Ц12	30	45	5,0	—10	0,5	16
ДГ-Ц13	30	45	1,0	—10	0,25	16
ДГ-Ц15	150	170	1,5	—150	0,8	8
ДГ-Ц16	150	180	1,5	—150	0,25	8
ДГ-Ц17	150	220	1,5	—200	0,8	8
Д2А	10	15	50	—7	0,25	50
Д2Б	30	45	5—10	—10	0,1	16
Д2В	40	60	10	—30	0,25	25
Д2Г	75	100	2—5	—50	0,25	16
Д2Д	75	100	5—10	—50	0,25	16
Д2Е	125	150	5—10	—100	0,25	16
Д2Ж	175	200	2—10	—150	0,25	8

[1] Параметрите се измерват при температура на окръжаващия въздух +20±5°С.
[2] В еднофазната еднополупериодна схема без шунтиращ капацитет.
[3] Диодите Д2 са изпълнени в металически стъклен корпус.

Таблица 11

Високоволтни германиеви плоскостни диоди (съветски)

Означение	Еквиваленти	Среден изправен ток (*ма*)	Максимално обратно напрежение при температура на въздуха			Подавано променливо напреж. при 20°C (*в*)	Падение на постоянното напрежение при номинален изправен ток (*в*)	Обратен ток при номинално напрежение (*ма*)	Горна граница на работната честота (*кхц*)
			20° C	50° C	70° C				
ДГ-Ц21	Д7А	300	50	35		35	0,5	0,5	50
ДГ-Ц22	Д7Б	300	100	65	20	70	0,5	0,5	50
ДГ-Ц23	Д7В	300	150	90	37	105	0,5	0,5	50
ДГ-Ц24	Д7Г	300	200	120	56	140	0,5	0,5	50
ДГ-Ц25	Д7Д	100	300	200	30	210	0,3	0,3	50
ДГ-Ц26	Д7Е	100	350	235	100	350	0,3	0,3	50
ДГ-Ц27	Д7Ж	100	400	285	120	400	0,3	0,3	50

Диодите ДГЦ и Д7 се различават само по конструктивното си оформление. Размери на Д7 : диаметър 4,8 *мм*, дължина без изводите 15 *мм*, дължина с изводите 78 *мм*. Размерите на ДГЦ са дадени на фиг. 43.

Таблица 12

Германиеви точкови диоди (чешки)

Тип	Приложение	Характеристични стойности					Гранични стойности						Цветно означение на елементите
		I_d при U_d мин $=1в$ [ма]	$-I_d$ при $-U_d$										
			−3 в [мка]	−10 в [мка]	−50 в [мка]	−100 в [мка]	I_{ss} [ма]	I_{ss} макс [ма]	$I_{ss\,sp}$ [ма]	I_d [ма]	$-U_{d\,sp}$ [в]	$-U_{dv}$ [в]	
1NN40	ВЧ изправител	5—11	—	100	—	—	15	50	150	500	20	25	бяла
2NN40	изправител	2,5—7	—	—	1600	—	15	50	150	500	50	55	жълта
3NN40	„	5—10	—	50	800	—	15	50	150	500	60	75	синя
4NN40	„	4—6	—	—	833	—	12	40	150	500	85	90	зелена
5NN40	селективен тип	3—6,8	6	—	60	625	10	30	100	500	100	120	червена
6NN40	детектор	1,5—6,5[1]	—	—	—	—	—	—	—	—	20	25	черна
1NN41	ВЧ изправител	5—15	—	100	—	—	15	50	150	500	20	25	бяла
2NN41	изправител	2,5—7	—	—	1600	—	15	50	150	500	50	55	жълта
3NN41	„	5—12	—	50	800	—	15	50	150	500	60	75	синя
4NN41	„	4—15	—	—	833	—	12	40	150	500	85	90	зелена
5NN41	селективен тип	3—8	6	—	60	625	10	30	100	500	100	120	червена
6NN41	детектор	1,5—14[1]	—	—	—	—	—	—	—	—	20	25	черна
7NN41	телевизион. приемн.	5	—	100	—	—	15	50	150	500	10	15	бяла с черна точка
10NN41	„ „	8[2]	—	100	—	—	—	—	200	—	20	—	черна
11NN41	„ „	15[2]	—	100	—	—	—	—	200	—	20	—	кафява

[1] При $U_d = -1\,в$; $-I_d < 0{,}1\,I_d$ от показаното при $+1в$.

[2] При $U_d = +0{,}7в$.

Мощни германиеви изправители (чешки)

Таблица 13

Тип	I_d при +0,5*в* [*а*]	$-I_d$ при $-U_d$ [*ма*]	$-I_d$ при $-U_d$ [*в*]	$U_{a\,eff}$ [*в*]	$U_{обр}$ [*в*]	$I_{ss\,sp}$ [*а*]	I_{dn} [*а*]	P_{dt} [*вт*]	P_d [*вт*]	охладителна площ [*см*²]	*f* [*кхц*]
	Характеристични стойности										
20NP70	3	−30	18	6	18	3	50	2,7	0,6	>150	20
21NP70	3	−20	30	10	30	3	50	2,7	0,6	>150	20
22NP70	3	−15	−50	16	50	3	50	2,7	0,6	>150	20
23NP70	3	10	100	30	100	3	50	2,7	0,6	>150	20
24NP70	3	−8	−150	45	150	3	50	2,7	0,6	>150	20
25NP70	3	−6	200	60	200	3	50	2,7	0,6	>150	20
30NP70	5	−25	−18	6	18	5	70	4,5	0,6	>220	20
31NP70	5	18	−30	10	30	5	70	4,5	0,6	>220	20
32NP70	5	13	−50	16	50	5	70	4,5	0,6	>220	20
33NP70	5	−9	100	30	100	5	70	4,5	0,6	>220	20
34NP70	5	7	−150	45	150	5	70	4,5	0,6	>220	20
35NP70	5	5	−200	60	200	5	70	4,5	0,6	>220	20
40NP70	10	−20	−18	6	18	10	100	7,5	0,6	>440	20
41NP70	10	−15	30	10	30	10	100	7,5	0,6	>440	20
42NP70	10	−11	50	16	50	10	100	7,5	0,6	>440	20
43NP70	10	−8	100	30	100	10	100	7,5	0,6	>440	20
44NP70	10	6	−150	45	150	10	100	7,5	0,6	>440	20
45NP70	10	−4	−200	60	200	10	100	7,5	0,6	>440	20

$I_{ss\,sp}$ — върхов изправен ток

$-U_{d\,sp}$ — максимално обратно напрежение

$U_{a\,eff}$ — максимално ефективно напрежение

U_{dv} — напрежение, при което обратното съпротивление на диода достига своята максимално възможна стойност

$U_{обр}$ — обратно максимално напрежение, което може да се приложи постоянно към диода в обратна посока, без да предизвика повреда

P_d — разсеяна мощност, която диодът може да разсее във форма на топлина

P_{dt} — загубна мощност в изправителя

R_0 — паралелно съпротивление, свързано към изправител, който работи в серийна връзка

Таблица 14

Кристалии точкови триоди[1] (съветски)

Тип	Гранична работна честота (*мгхц*)	Ток на емитера I_e[3] в режим на измерване (*ма*)	Напрежение на колектора $U_к$[4] в режим на измерване (*в*)	Съпротивление на емитера r_e (*ом*)	Съпротивление на колектора $r_к$ (*ом*)	Съпротивление на базата $r_б$ (*ом*)	Коефициент на усилване по ток $\alpha_{мин}$	Пределен коефициент на усилване $\alpha_{пред. мин}$	Коефициент на усилване по мощност $K_м$ (*дб*)	Коефициент на усилване по напрежение $K_н$	Пределно допустими стойности: напрежение на колектора $U_к$[3] (*в*)	Пределно допустими стойности: ток на емитера I_e[3] (*ма*)	Пределно допустими стойности: ток на колектора $I_к$[3] (*ма*)	Пределно допустими стойности: мощност, разсейвана от колектора $P_к$ (*мвт*)
С1А[2] С3А[2]	0,5	0,3	—20	550	6800	200	1,2	1,0	15—19	—	—40	10	—10	100
С1Б С3Б	0,5	0,3	—20	550	6800	200	1,5	1,2	18—22	50	—40	10	— 6	50
С1В С3В	1,5	0,3	—20	550	6800	200	1,5	1,2	15—19	—	—40	10	—10	100
С1Г С3Г	1,5	0,3	—20	550	6800	200	1,5	1,2	18—22	50	—40	10	— 6	50
С1Д С3Д	5,0	0,3	—20	550	6800	200	1,5	1,2	15—22	30	— 40	10	— 6	50
С1Е С3Е	10	0,3	—20	550	6800	200	1,5	1,2	15—22	—	—40	10	— 6	50
С2А С4А	0,5	0,3	-10	500	6000	1000	1,5	1,2	—	—	—30	10	-10	100
С2Б С4Б	1,5	0,3	—10	800	6800	700	1,6	1,5	—	—	—20	10	— 6	50

С2В С4В	5	0,3	—10	800	6000	1000	1,6	1,5	—	—	—20	10	— 6	50
С2Г С4Г	10	0,3	—10	500	6000	1000	1,6	1,5	—	—	—20	10	— 6	50

[1] Електрическите параметри се измерват при заземена база в режим на клас А, на честота не повече от 20 *кхц* (освен $\alpha_{пред}$) и температура $\pm 5^{0}$C.

[2] Размери на тип *С1* : диаметър 6,8 *мм*, максимална дължина с изводите 18 *мм*, дължина без изводите 12 *мм*. Размери на тип *С3* : максимален диаметър 11,5 *мм*, максимална дължина без изводите 6 *мм*, дължина с изводите 40 *мм*.

[3] Направлението на токовете от емитера към базата е прието за положително. Напрежението се измерва по отношение на базата.

[4] При съпротивление на генератора 500 *ом*, товарно съпротивление 10 *ком*

Кристални плоскостни

Тип	Гранична работна честота (кхц)	Ток на емитера I_e в режим на измерване (ма)	Ток на колектора I_K в режим на измерване (ма)	Напрежение на колектора U_K в режим на измерване (в)	Съпротивление на емитера r_e (ом)	Съпротивление на колектора r_K (ом)	Съпротивление на базата r_b (ом)	Коефициент на усилване по ток α	Пределен коефициент на усилване α пред. мин
П1А	100	1,0	—	—10	30	0,3	—	0,9	0,7
П1Б	100	1,0	—	10	30	0,5 1,2	400	0,93 -0,97	0,7
П1В	100	1,0	—	—10	30	0,5	400	0,93—0,97	0,7
П1Г	100	1,0	—	—10	30	0,5	600	0,96	0,7
П1Д	100	1,0	—	—10	30	0,5	600	0,94	0,7
П1Е	465	1,0	—	—10	30	0,3	1000	0,94—1,0	0,7
П1Ж	1000	1,0	—	10		0,3	1500	0,95	0,7
П2А	16	—	5	—50	-	—	—	0,9	—
П2Б	16	—	10	—25	—	—	—	0,9	—
П3А	16	—	130	—25	—	—	—	2,0	—
П3Б	16	—	130	—25	—	—	—	2,0	—
П3В	16	—	130	—25	—	—	—	2,0	—
П4	—	—	1000	—26	—	—	—	—	—
П6А	500	1,0	—	— 5	40	0,5	—	0,92	—
П6Б	1000	1,0	—	— 5	40	1	250	0,92	—
П6В	1000	1,0	—	— 5	40	1	300	0,955	—
П6Г	1000—2500	1,0	—	— 5	40	1	400	0,98	—
П6Д	1000	1,0	—	— 5	40	1	250	0,92	—

Таблица 15

триоди (съветски)

Коефициент на усилване по мощност $K_М$ (дб)	Фактор на шума $N_Ш$ (дб)	Отдавана мощност P (мвт)	Коефициент на нелинейни изкривявания K_f (%)	Капацитет на колектора $C_к$ (пф)	Пределно допустими величини: ток на емитера $I_е$ (ма)	ток на колектора $I_к$ (ма)	напрежение на колектора $U_к$ (в)	максимална мощност, разсейвана от колектора $P_к$ (мвт)	Размери: максимален диаметър (мм)	дължина без изводите (мм)	дължина на изводите (мм)
30	—	—	—	—	5	5	−20	50	10	20	30
33	35	—	—	—	5	5	−20	50	10	20	30
37	35	—	—	—	5	5	−20	50	10	20	30
37	—	—	—		5	5	−20	50	10	20	30
37	18	—		—	5	5	20	50	10	20	30
30	35	—	—	60	5	5	−20	50	10	20	30
35	35	—	—	40	5	5	−20	50	10	20	30
17	—	100	15	—	10	10	100	250	10	20	30
17	—	100	15		25	25	−50	250	10	20	30
17	—	1000	15	—		150	50	1000[7] 3500[6]	27	25	30
20	—	1000	15	—	—	250	−50	1000[7] 3500[6]	27	25	30
25	—	1000	15	—	—	450	−50	1000[7] 3500[6]	27	25	30
13	—	10000	15	—	—	2000	−55	30000			
35	22	—		40	10	10	30	150	11,5	6	40
38	22	—	—	40	10	10	−30	150	11,5	6	40
39	22	—	—	40	10	10	−30	150	11,5	6	40
40	22	—	—	40	10	10	−30	150	11,5	6	40
38	12	—		40	10	10	30	150	11,5	6	40

Таблица 16

Маломощни кристални плоскостни триоди (съветски)

Параметри	Тип на триода						Режим на измерване		
	П5А	П5Б	П5В	П5Г	П5Д	П5Е	I_e, *ма*	r_K, *в*	$f_{изм}$, *хц*
h_{12} — коефициент на обратна връзка по напрежение не повече	5.10^{-3}	5.10^{-3}	5.10^{-3}	5.10^{-3}	5.10^{-3}	5.10^{-3}	1	—2	50—1000
h_{21} — коефициент на усилване по ток	0,93	0,95	0,97	0,97	0,95	0,9			
	0,95	0,975	0,995	0,975	0,995	0,975	1	—2	50—1000
h_{22} — изходяща проводимост не повече, *мкмо*	3,3	2,6	2,6	2,6	2,5	2,6	1	—2	50—1000
$I_{ко}$ — обратен ток на колекторния преход при откачен емитер не повече, *мка*	15	15	15	15	15	15	—	—5	
$F_ш$ — коефициент на шума не повече, *дб*	12	—	—	18	10	18	0,2	—1	1000
f_α — гранична честота на усилване по ток, *мгхц*	–	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1	—2	—
Пределно допустими величини									
Ток на колектора	10	10	10	10	10	10			
Напрежение на колектора	—10	—10	—10	—10	—10	—10			
Мощност, разсейвана от колектора, при температура 20±5° С	25	25	25	25	25	25			

Таблица 16а

Параметри	Тип на триода					Режим на измерване		
	П8	П9	П9А	П10	П11	I_e, *ма*	$U_к$, *в*	$f_{изм}$, *хц*
h_{12} — коефициент на обратна връзка по напрежение не повече	5.10^{-3}	6.10^{-4}	6.10^{-4}	6.10^{-4}	6.10^{-4}	1	5	50—1000
h_{21} — коефициент на усилване по ток не по-малко	0,9	0,9 0,95	0,92	0,95	0,95	1	5	50—1000
h_{22} — изходяща проводимост не повече, *мкмо*	3,3	2,0	2,0	3,3	3,3	1	5	50—1000
$F_ш$ — коефициент на шума не повече, *дб* . . .	–	–	12	—	—	0,5	1,5	—
$I_{ко}$ — обратен ток на колекторния преход при откачен емитер не повече, *мка*	30	15	15	15	15	—	5	
f_α — гранична честота на усилване по ток не по-малко, *кхц*	100	465	465	1000	1600	1	5	465
$C_к$ — капацитет на колектора не повече, *пф* .	65	60	60	60	60	—	5	465
Пределно допустими величини								
Ток на колектора в режим на усилване, *ма* . .	100	100	100	100	100			
Напрежение на колектора в схема с обща база при температура на корпуса до 50°С, *в* . . .	20	20	20	20	20			
Мощност, разсейвана от колектора, при температура на корпуса на триода 20±5°С *мвт* . .	150	150	150	150	150			

Таблица 166

Параметри	Тип на триода					Режим на измерване			
	П13	П13А	П13Б	П14	П15	I_e, *ма*	$U_к$, *в*	U_e, *в*	$f_{изм}$, *кхц*
h_{12} — коефициент на обратната връзка по напрежение не повече	5.10^{-3}	6.10^{-4}	6.10^{-4}	—	—	1	—5	—	1
h_{21} — коефициент на усилване по ток не помалко	0,92	0,97	0,92	0,95	0,95	1	—5	—	1
h_{22} — изходяща проводимост не повече, *мкмо*	0,3	2,0	2,0	3,3	3,3	1	—5	—	1
$I_{ко}$ — обратен ток на колекторния преход при откачен емитер не повече, *мка*	30	30	10	30	30	—	—15	—	—
I_{eo} — обратен ток на емитерния преход при откачен колектор не повече, *мка*	30	30	10	30	30	—	—	—15	—
f_{α} — гранична честота на усилване по ток не по-малко, *кхц*	465	465	465	1000	2000	1	—5	—	465
$C_к$ — капацитет на колектора не повече, *пф*	50	50	50	50	50	1	—5	—	465
$F_ш$ — коефициент на шума не повече, *дб*	—	—	12	—	—	0,5	—1,5	—	1
$r_б$ — съпротивление на базата по висока честота не повече, *ом*	—	—	—	150	—	1	—5	—	465
Пределно допустими величини									
Мощност, разсейвана от колектора, при температура на корпуса не по-малко от 50°C, *мвт*	150	150	150	150	150				
Напрежение на колектора в схема с обща база при t°C на корпуса, *в* до 50°C	—15	—15	—15	—15	—15				
до 85°C	—10	—10	—10	—10	—10				
Ток на колектора в режим на усилване, *ма*	10	10	10	10	10				
Ток на колектора (върхов), *ма*	50	50	50	50	50				
Ток на емитера в режим на усилване, *ма*	10	10	10	10	10				

Таблица 16в

Параметри	Тип на триода			Режим на измерване						
	П16	П16А	П16Б	$U_к$, *в*	$I_к$, *ма*	$I_е$, *ма*	$R_к$, *ком*	П16	П16А	П16Б
								$R_б$ *ком*		
h_{21} — коефициент на усилване по ток в схема с общ емитер	20—30	30—45	45—100	1,0	10			—	—	—
$I_{кз}$ — ток на запушване триода не повече, *мка*	25	25	25	1,5	—	—	—		—	
α — гранична честота на усилване по ток не по-малко, *мгхц*	1,0	1,0	1,0	5		1,0	-	—	-	—
τ — време на превключване не повече, *мксек*	2,0	1,5	1,0	15		-	1,5	6,8	10	15
$U_{ко}$ — остатъчно напрежение не повече, *в*	0,1	0,1	0,1	15	—	—	1,5	—	—	—
$U_б'$ — падение на напрежението на базата не повече, *в*	0,3	0,3	0,3	15	—	—	1,5	-	—	—
Пределно допустими величини										
Мощност, разсейвана на колектора, при температуа 20±5°C	150	150	150							
Напрежение на колектора в схема с обща база, *в*	—30	—30	—30							
Ток на колектора в режим на усилване, *ма*	—10	—10	—10							
Ток на емитера, *ма*	10	10	10							
Ток в режим на превключване, *ма*	50	50	50							

Таблица 16 г

Параметри	Тип на триода			Режим на измерване			
	П12	П406	П407	I_e, *ма*	$U_к$, *в*	U_e, *в*	$f_{изм}$, *кхц*
h_{22} — изходнща проводнмост в схема с обща база не повече, *мкмо* . . .	2	2	2	1	—6	—	1
h_{21} — коефициент на усилване не по-малко	0,95	0,95	0,95	1	—6	—	1
$I_{ко}$ — обратен ток на колекторния преход при откачен емитер не повече, *мка*	6	6	6	—	—6	—	—
$I_{ео}$ — обратен ток на емитерния преход при откачен колектор не повече, *мка*	20	20	20	—	—	—6	—
$r_б$ — съпротивление на базата . .	150	150	150	1	—6	—	1000
$C_к$ — капацитет на колектора не повече, *пф*	20	20	20	1	—6	—	1000
$f_α$ — гранична честота на усилване по ток не повече, *мгхц*	5	10	20	1	—6	-	—
$r_б C_к$ — времеконстанта във веригата на обратната връзка не повече, *мкмксек*	2600	2500	3000	1	—6		1000

Пределно допустими величини

Параметри	П12	П406	П407				
Мощност, разсейвана на колектора . .	30	30	30				
Напрежение на колектора в схема с общ емитер, *в*	—6	—6	—6				
Ток на колектора, *ма*	5	5	5				
Ток на емитера, *ма*	5	5	5				

Таблица 16д

Параметри	Тип на триода				Режим на измерване		
	П101	П101А	П102	П103	$U_к$, *в*	I_e, *ма*	$f_{изм}$, *хц*
h_{21} — коефициент на усилване по ток не по-малко	0,9	0,9	0,93	0,9	5,0	1,0	50—1000
h_{22} — изходяща проводимост не повече, *мкмо*	3,3	3,3	2,0	3,3	5,0	1,0	50—1000
$I_{ко}$ — обратен ток на колекторния преход при откачен емитер не повече, *мка*	50	50	50	50	5,0		—
f_a — гранична честота на усилване по ток не по-малко, *мгхц*	200	200	465	1000	5,0	1,0	—
$F_ш$ — коефициент на шума не повече, *дб*	—	18	—	—	1,0	0,2	—
Пределно допустими величини							
Мощност, разсейвана от колектора, *мвт*	150	150	150	150			
Напрежение на колектора в схема с обща база при температура до 75°C, *в*	20	10	10	10			
Ток на колектора, *ма*	20	20	20	20			
Ток на емитера, *ма*	20	20	20	20			

Таблица 16е

Параметри	Тип на триода				Режим на измерване		
	П401	П402	П403	П403А	I_e, *ма*	$U_к$, *в*	*f* изм, *хц*
h_{21} — коефициент на усилване по ток	не по-малко 0,94	не по-малко 0,94	0,97—0,99	0,94	5	—5	50—1000
$I_{ко}$ — обратен ток на колекторния преход при откачен емитер не повече *мка*	10	5	5	5	—	—5	—
$f_м$ — максимална честота на генериране не по-малка, *мгхц*	30	60	120	120	5	—5	—
$C_к$ — капацитет на колектора не повече, *пф*	15	10	10	10	—	—5	5.10^6
h_{22} — изходяща проводимост не повече *мкмо*	5	5	5	5	5	—5	50—1000
$r_б$ $C_к$ — времеконстанта на веригата на обратната връзка не повече, *мкмксек*	3500	1000	500	500	5	—5	5.10^6

Пределно допустими величини

Ток на колектора, *ма*	10	10	10	10		
Напрежение на колектора при съпротивление във веригата на базата не повече от 1000 *ома*	—10	—10	—10	—10		
Мощност, разсейзана на колектора, *мвт*	50	50	50	50		

Забележка. Параметрите се определят при $t^{\circ}=20^{\circ}C$.

Таблица 17

Германиеви диоди (европейски и американски)

Означение	Фирма производител	Характеристични стойности: температура (°C)	ток в посока на пропускане (*ма*)	при напрежение (*в*)	обратен ток (*мка*)	при напрежение (*в*)	Гранични стойности: максимално върхово напрежение (*в*)	максимално трайно обр. напрежение (*в*)	максимален изправен ток (*ма*)	гранична честота (*мгхц*)	Еквивалент
CK705	Ray	25	≧5	+1	≧50	—10	>70	—60	50	200	1N66, 1N294, CK705A, CK705AP
CK706	Ray	25	—	—	≦200	—10	>50	—40	35	200	CK706, OA160
CK707	Ray	25	≧3,5	+1	≦10	—5	—80	—	35	200	1N297, OA150
CK708	Ray	25	≧3	+1	≦625	—100	>128	—80	35	200	1N68, OA161 CK708P
CK710	Ray	CT	≧3	+0,5	≦200	—6	—10	—5	—	—	
CK713	Ray	25	≧21	+1	≦250	—40	—75	—75	—	—	CK713P
CK746	Ray	25	≧2	+0,8	≦2	—10	—80	—	15	—	OA129
CK802	Ray	25	≧2	+0,8	≦2	—10	—60	—	15	—	OA150
OÄ5	V	25	+200	+0,8	—1,7	—10	—100	—100	60	—	
OA31	TKD	CT	50	—	—	—	—2	—	—	1000	
OA30/30	AEG	CT	≧3	0,4	≦3	—1,5	—30	—	30	—	
OA31	V	35	3500	54ef	—	—	—75	—	11000	—	
OA40/100	AEG	CT	≧5	+0,5	≦20	—10	—40	—	50	—	
OA50	V	20	7,5	+1	≦30	—10	—75	—60	50	—	OA71
OA50/50	AEG	CT	≧3,5	+0,5	≦30	—10	—50	—	50	—	
OA51	V	20	7,5	+1	≦7	—10	—75	—50	50	—	OA71
OA52	V	20	≧4	+1	≦50	—10	—90	—80	40	—	
OA53	V	20	6	+1	—320	—100	—120	—100	50	—	
OA55	V	20	7	+1	≦5	—3	—120	—100	50	—	
OA56	V	20	5,8	+1	≦50	—10	—85	—70	50	—	

OA60	V	20	—	—	—	—	—30	—25	5	30	OA70
OA60/5	AEG	CT	≧0,28	+0,25	≦2	—1,5	—60	—	30	100	
OA61	V	20	7,5	+1	—40	-50	—100	—85	5	—	OA71
OA70	V	25	9	+1	—30	—10	—22,5	—15	50	—	OA60
OA71	V	25	3	0,76	—85	—90	—90	—60	35	—	OA50, OA51, OA61
		60	3	0,7	—230	—90	—75	—50	14	—	
OA72	V	25	0,1	0,2	—0,8	—1,5	—45	—30	35	—	
			10	1,4	130	—45	—45	—30	14	—	
OA73	V	25	0,1	0,15	—275	—30	—30	—20	50	—	
		60	8	0,7	—450	—30	—30	—20	21	—	
OA74	V	25	4	0,7	—200	—60	—60	—40	35	—	
OA79	V	25	0,1	0,23	0,35	—0,1	—45	—30	35	—	
		25	10	1,5	4,5	—10	—45	—30	35	—	
		25	30	2,8	90	—45	—45	—30	35	—	
		60	0,1	0,16	4,5	—0,1	—45	—30	15	—	
		60	10	1,4	16	—10	—45	—30	15	—	
		60	30	2,6	170	-45	—45	—30	15	—	
OA80/10	AEG	CT	≥1,5	0,5	≦20	—10	—80	-	40	100	
			10	1	500	—80	—	—	—	100	
OA81	V	25	10	1,4	≦4	—10	—115	—90	50	—	
		60	10	1,3	≦20	—10	—100	—75	17	—	
OA85	V	25	10	1,15	≦7,	--10	—115	—90	50	—	
		60	10	1,05	≦430	—100	—100	—75	17	—	
OA86	V	25	0,1	0,18	1,3	— 1,5	—90	—60	35	—	
		25	10	1,12	2,5	—10	—90	—60	35	—	
		60	0,1	0,1	9	— 1,5	—90	—60	15	—	
		60	1,02	10	20	—10	—90	—60	15	—	
OA90	V	25	0,1	0,18	2,4	— 1,5	—30	—20	10	40	
		25	10	1	20	—10	—30	—20	10	40	
		60	0,1	0,12	11	— 1,5	—30	—20	10	40	
		60	10	0,95	45	—10	—30	—20	10	40	
OA91	V	25	0,1	0,18	2,5	— 1,5	—115	—90	15	—	
		25	10	1,2	4	—10	—115	—90	15	—	
		60	0,1	0,11	15	— 1,5	—115	—90	5	—	
		60	10	1,05	20	—10	—115	—90	5	—	

Продължение от таблица 17

Означение	Фирма производител	Характеристични стойности					Гранични стойности				Еквивалент
		температура (°C)	ток в посока на пропускане (ма)	при напрежение (в)	обратен ток (мка)	при напрежение (в)	максимално върхово напрежение (в)	максимално трайно обр. напрежение (в)	максимален изправен ток (ма)	гранична честота (мгхц)	
OA95	V	25	0,1	0,18	1,2	—1,5	—115	—90	15	—	
		25	10	1,05	2,5	—10	—115	—90	15	—	
		60	0,1	0,1	12	—1,5	—115	—90	5	—	
		60	10	0,95	17	—10	—115	—90	5	—	
OA100/30	AEG	CT	≧3	0,5	≦5	—	—	—	—	—	
			100	1,5	1200	—100	—	—	—	—	
OA126/5	Tel	25	1	0,75	0,01	1	4,4	—	—	—	
		25	10	0,85	0,01	1	4,4	—	—	—	
		25	100	1,0	0,01	1	4,4	—	—	—	
OA126/6	Tel	25	1	0,75	0,01	1	5,4	—	—	—	
		25	10	0,85	0,01	1	5,4				
		25	100	1	0,01	1	5,4				
OA126/7	Tel	25	1	0,75	0,01	1	6,4	—	—	—	
		25	10	0,85	0,01	1	6,4				
		25	100	1	0,01	1	6,4				
OA126/8	Tel	25	1	0,75	0,01	1	6,4				
		25	10	0,85	0,01	1	6,4				
		25	100	1	0,01	1	6,4				
OA126/9	Tel	25	1	0,75	0,01	1	8,4				
		25	10	0,85	0,01	1	8,4				
		25	100	1	0,01	1	8,4				

OA126/10	Tel	25	1	0,75	0,01	1	9,4				
		25	10	0,85	0,01	1	9,4				
		25	100	1	0,01	1	9,4				
OA126/11	Tel	25	1	0,75	0,01	1	10,4				
		25	10	0,85	0,01	1	10,4				
		25	100	1	0,01	1	10,4				
OA126/12	Tel	25	1	0,75	0,01	1	11,4				
		25	10	0,85	0,01	1	11,4				
		25	100	1	0,01	1	11,4				
OA126/14	Tel	25	1	0,75	0,01	1	12,4				
		25	10	0,85	0,01	1	12,4				
		25	100	1	0,01	1	12,4				
OA126/18	Tel	25	1	0,75	0,01	1	15,9				
			10	0,85	0,01	1	15,9				
			100	1	0,01	1	15,9				
OA127	Tel	25	50	1	0,1	—10	20	—	—	—	
OA128	Tel	25	50	1	0,1	—10	35				
OA129	Tel	25	40	1	0,1	—10	75				
OA130	Tel	25	40	1	0,1	—10	135				
OA131	Tel	25	30	1	0,1	—10	230				
OA132	Tel	25	2	1	0,1	—10	320				
OA150	Tel	25	4	1	20	—10	—110	—100	20	—	
		60	—	—	200	—60	—100	—90	20		
OA150/5	AEG	CT	1	0,5	30	—30	—150	—	30	100	
			5	1	1000	—150	—150	—	30	100	
OA150/10	AEG	CT	1,5	0,5	30	—30	—150	—	40	100	
			10	1	1000	—150	—150	—	40	100	
OA154Q	Tel	25	4	1	20	— 5	—55	—50	20		
		60					—45	—40	20		
OA159	Tel	25	6	1	50	—10	—40	—30	5	39	
OA160	Tel	25	6	1	100	—10	—25	—15	5	39	
OA161	Tel	25	2,5	1	40	—30	—140	—130	20	—	
OA172	Tel	25	5	1	200	—30	—40	—30	1,5	—	1N542
OA173	Tel	25	8	1	100	—60	—70	—	5	—	

Продължение на таблица 17

Означение	Фирма производител	Характеристични стойности: температура (°C)	ток в посока на пропускане (*ма*)	при напрежение (*в*)	обратен ток (*мка*)	при напрежение (*в*)	Гранични стойности: максимално върхово напрежение (*в*)	максимално трайно обр. напрежение (*в*)	максимален изправен ток (*ма*)	гранична честота (*мгхц*)	Еквивалент
OA174	Tel	25	4	1	20	—5	—70	—55	20	—	
		60					—60	—45	20	—	
OA180	Tel	25	100	0,75	40	—10	—30	—20	120	—	1N107, 1N109, 1N148, CK740, CK741, T13G
OA182	Tel	25	10	0,35	3	—10	—100	—80	150	—	1N95, 1N96, 1N140, HD2055, CK739, T1
OA186	Tel	25	5	1	4	—10	—90	—60	10	—	
		25	5	1	6	—20	—90	—60	10	—	
		25	5	1	100	—90	—90	—60	10	—	
OA200	V	25	0,1	0,53	0,05	—50	—50	—50	50		
			10	0,8	0,05	—50	—50	—50	50		
			30	0,9	0,05	—50	—50	—50	50		
OA202	V	25	0,1	0,53	0,05	—150	—150	—150	30		
			10	0,8							
			30	0,9							
OA210	V	70	10	0,64	25	—60	—400	—	500		
			100	0,8	30	—110					
			500	1,05	45	—400					
1N21A	Sy	CT	0,4	1	—	—	—	—	—	3060	
1N21B	Sy	CT	0,4	1	—	—	—	—	—	3060	
1N26	MA	CT	0,5	1	—	—	—	—	—	23948	
1N31	Sy	CT	—	—	—	—	—5	—	—	9375	

1N32	Sy	CT	—	—	—	—	—5	—	—	3275	
1N34	FTR	25	≧5	1	≦50	—10	>75	—60	50	—	OA150
1N34A	Bo	25	≧5	1	≦30	—10	>75	—60	50	—	OA150
1N38	FTR	25	≧3	1	≦6	—3	>120	—100	50	—	OA161
1N38A	Hy	25	≧4	1	≦5	—3	>120	—100	50	—	OA161
1N44	WE	CT	≧3	1	<1000	—50	>120	—115	35—40	—	OA161
1N45	WE	CT	≧3	1	≦410	—50	>75	—75	35—40	—	OA150
1N46	WE	CT	≧3	1	≦1500	—50	>60	—50	40	—	OA174
1N47	WE	CT	≧3	1	≦4	—3	>115	—115	30	—	OA150
1N48	GE	25	≧4	1	≦833	—50	—85	—70	50	—	OA150
1N51	GE	25	≧2,5	1	≦1667	—50	>50	—40	25	—	OA174
1N52	GE	25	≧4	1	≦150	—50	>85	—70	50	—	OA150
1N54A	Hy	25	≧5	1	≦7	—10	>75	—50	50	—	OA150
1N57A	Kp	CT	≧4	1	≦500	—75	>90	—80	40	—	OA150
1N58	FTR	25	≧4	1	≦800	—100	>120	—100	50	—	OA161
1N58A	Hy	25	≧4	1	≦600	—100	>120	—100	50	—	OA161
1N60	Bo	25	+0,05	+0,25	≦30	—1,5	>30	—25	50	—	OA160
1N61	Kp	CT	≧5	1	≦300	—100	—140	—130	—	—	OA161
1N63	GE	25	≧4	1	≦50	—50	>125	—100	50	—	OA161
1N64	GE	25	≧0,05	+0,25	≦25	—1,3	>25	—20	—	40—50	OA160
1N65	GE	25	≧2,5	1	200	—50	—85	—70	50	—	OA150
1N66	Ray	25	≧5	1	≦50	—10	>70	—60	50	—	OA150
1N67	Ray	25	≧4	1	≦5	—5	>100	—80	35	—	OA150
1N68	Ray	25	≧3	1	≦625	—100	>128	—80	35	—	OA161
1N68A	Hu	25	≧3	1	≦625	—100	>130	—100	—	—	OA161
1N70	GE	25	≧3	1	≦25	—10	—125	—100	30	—	OA161
1N70A	Hu	25	≧3	1	≦10	—10	—130	—	—	—	OA161
1N75	GE	25	≧2,5	1	≦50	—50	—125	—100	50	—	OA161
1N81	GE	25	≧3	1	≦10	—10	—50	—40	30	—	OA159
1N88	Amp	CT	≧2,5	1	≦100	—50	>100	—85	5	—	OA161
1N89	Hu	25	≧3,5	1	≦8	—5	>100	—80	—	—	OA150
1N90	Hu	25	≧5	1	≦800	—50	—75	—60	—	—	OA174
1N95	Hu	25	≧10	1	≦800	—50	—75	—60	—	—	OA182
1N96	Hu	25	≧20	1	≦800	—50	—75	—60	—	—	OA182
1N97	Hu	25	≧10	1	≦8	—5	—100	—80	—	—	OA182
1N97A	RRC	25	≧20	1	≦8	—5	—100	—	—	—	OA182

Продължение на таблица 17

Означение	Фирма производител	Характеристични стойности: температура (°C)	ток в посока на пропускане (*ма*)	при напрежение (*в*)	обратен ток (*мка*)	при напрежение (*в*)	Гранични стойности: максимално върхово напрежение (*в*)	максимално трайно обр. напрежение (*в*)	максимален изправен ток (*ма*)	гранична честота (*мгхц*)	Еквивалент
1N98	Hu	25	≥20	1	≤8	—5	—100	—80	—	—	OA182
1N98A	RRC	25	≥40	1	≤8	—5	—100	—	—	—	OA182
1N99	Hu	25	≥10	1	≤5	—5	—100	—80	—	—	OA182
1N100	Hu	25	≥20	1	≤5	—5	—100	—80	—	—	OA182
1N107	Hu	CT	≥150	1	≤200	—10	—	—10	—	—	OA180
1N108	Hu	CT	≥50	1	≤200	—50	—	—50	—	—	OA182
1N109	Hy	25	≥8,5	1	≤20	—3	—20	—15	50		OA180
1N111	Sy	25	≥5	1	≤25	—10	—75	—70	25	—	OA186
1N112	Sy	25	≥5	1	≤25	—10	—75	—60	25	—	OA186
1N113	Sy	25	≥2,5	1	≤25	—10	—75	—60	25	—	OA186
1N114	Sy	25	≥2,5	1	≤50	—10	—75	—60	25	—	OA186
1N115	Sy	25	≥2,5	1	≤100	—10	—75	—60	25	—	OA186
1N116	Hu	25	≥5	1	≤100	—50	—75	—60	—	—	OA174
1N119	Sy	25	≥5	1	—	—	—75	—60	25	—	OA186
1N124	Ge	CT	≥10	0,75	—	—	—	—	25	—	
1N127	Hu	25	≥3	1	≤25	—10	—125	—100	30	—	OA161
1N128	Hu	25	≥3	1	≤10	—10	—50	—40	30	—	OA174
1N137	Sy	25	≥3	1	≤0,03	—20	—40	—36	—	—	OA128, 1N137A
1N137B	Tr	25	≥20	1	≤0,03	—20	—	—86	—	—	OA128
1N138	Sy	25	≥5	1	≤0,01	—10	—20	—16	—	—	OA127, 1N138A
1N139	Ge	25	≥20	1	≤1500	—50	—50	—40	—70	—	OA182
1N140	Ge	25	≥40	1	≤300	—50	—35	—70	85	—	OA182

1N141	Ge	25	≥20	1	≤50	—50	—85	—70	70			OA182
1N148	Hy	CT	≥0,26	0,25	≤350	—10	—20	—15	-	—		OA130
1N191	Hu	25	≥5	1	≤25	—10	—70	—90	—	—		OA186
1N192	Hu	25	≥5	1	≤50	—10	—70	—70	—	—		OA186
1N270	Tr	25	≥200	1	≤100	—50	—	—60	—	—		OA182
1N279	Tr	25	≥100	1	≤200	—20	—	—30	—	—		OA182
1N283	Tr		≥200	1	≤20	—10	—	—20	-	—		OA180
1N295	Ray	25	—		≤200	—10	40	—	35	—		OA159
1N297	Ray	25	≥ 3,5	1	≤10	—10	—80	—	—	—		OA150
1N300	Ray	25	+8	1	≤0,001	—10	—15	—12	40	—		OA127
1N301	Ray	25	+5	1	—0,01	—10	—70	—60	35	—		OA129
1N302	Ray	25	+1	1	—0,01	—10	225	—215	25	-		OA131
1N303	Ray	25	+3	1	—0,01	—10	—125	—115	300	—		OA130
1N305	Ray	25	100	0,8	—2	—10	-	—60	125	—		OA182
1N308	Ray	25	300	1	≤500	—8	—	—10	100	—		OA180
1N309	Ray	25	100	1	≤100	—20	—	40	100	—		OA182
1N312	Ray	25	30	1	≤50	—50	—	—60	70	—		OA182
1N350	Tr	25	≥20	1	≤0,03	—60	—	—70	—	—		OA129
1N351	Tr	25	≥8	1	≤0,03	—100	—	120	—	—		OA130
1N352	Tr	25	≥5	1	≤0,05	—150	—	—170	—	—		OA131
1N353	Tr	25	≥3	1	≤0,1	—200	—	225		—		OA131
1N354	Tr	25	≥1	1	≤0,1	—300	—	—325	-	—		OA132
1N432	Ray	25	+10	1	—0,005	—10	—40	—	40	—		OA128
1N433	Ray	25	+3	1	0,03	—10	—145	-	30	—		OA130
1N434	Ray	25	+2	1	—0,05	—10	—180	—	30	—		OA131
1N460	Ray	25	≥5	1	≤0,1	—75	—90		—	—		OA130

Съкратени означения на фирмите производителки :

AEG — Allgemeine Elektricitats-Gesellschaft
Amp — Amperex Elektronic Corporation
Bo — Bomac Laboratories
FTR — Federal Telephon and Radio Corp.
GE — General Electric Co.
Hu — Hughes Airirft Co.
Hy — CBS-Hytron.
Kp — Kemtron Elektron Products
Ray — Raytheon Mtg. Co.
RRC — Radio Receptor Co.
Sy — Sylvania Electric Products.
Tel — Telefunken.
TKD — Tekade AG
Tr — Transitron. Electronic Corp.
V — Valvo

Полупроводникови триоди (европейски и американски) Таблица 18

Означение	фирма производител	приложение	Основни пара-							
			колекторно напрежение (в)	емитерен ток (ма)	колекторен ток (ма)	гранична работна честота (мгхц)	коефициент на шума (дб)	h_{11}, r_{11}^3, h_{ib}^4, R_e^5	h_{12}, r_{12}^3, h_{rb}^4, R_b^5	h_{21}, r_{21}^3, h_{fb}^4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
AC105 — p-n-p	Tel	мчу	—6	-	3	-	—	—	—	—
AC106 — p-n-p	„	нчу	—6	—	3		—	—	—	-
AF101 p-n-p	„	вчу, мчу	6		—0,5	9		—		—
AF105 — p-n-p	„	мчу	6	—	—0,5	55		—	-	—
CK721 — p-n-p	Ray	нчу	—6	+2	—2	—	—	20^5	350^5	0,975
			—1,5	+0,5	0,5	0,8	22	25^5	700^5	—
CK723 — p-n-p	„	„	—6	—	—2	—	—	—	150^5	0,90
			—	—			25	25^5	350^5	—
CK725 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	20	25^5	1500^5	—
CK727 — p-n-p	„	„	—1,5	—	0,5	—	—	—	800^5	—0,975
			—		—	-	12	50^5	700^5	—
CK761 — p-n-p	„	преобр.	—	-	—		—		—	—
CK870 — p-n-p	„	нчу	—	—	—	—	—	—	—	—
CK882 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	-
CK888 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
CTP1032 — p-n-p	Clev	„	—	—	—	—	—	—	—	—
CTP1033 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
CTP1104 — p-n-p	„	„	—14	—	—500	0,02	—	—	—	—
CTP1108 — p-n-p	„	„	—7	—	—500	0,02	—	—	—	—
CTP1109 — p-n-p	„	„	—7	—	—500	0,02	—	—	—	—
CTP1111 — p-n-p	„	„	—14	—	—500	0,02	—	—	—	—

метри		Пределно допустими стойности							Еквивалент
h_{22}, r^3_{22}, hob^4, $R^5_к$	коефициент на усил. по ток при заземен емитер (*β*)	разсеяна мощност (*мвт*)	колекторно върхово напрежение (*в*)	колекторен върхов ток (*ма*)	емитерен ток (*ма*)	максимална температура (°C)	капацитет на колектора (*пф*)	свързване (BB — обща база; CB — общ колектор; EB — общ емитер)	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
—	—	400	—40	1000	—	75	75		—
—	—	400	—40	1000	—	75	—		—
—	—	30	—20	—	0,5	75	21		—
—	—	30	—25			75	100		—
$0{,}7^5$	29	33	—22	—10	+10	30	—	BB	—
2^5	36	—	—	—	—	30	—	EB	
$0{,}5^5$	—	33	—22	—10	+10	50	—	BB	OC602
2^5	22	—	—	—	—	50	—	EB	
2^5	90	33	—22	—10	+10	50	—	EB	—
—	—	30	—6	—10	+10	50	—	EB	
1^5	45	—	—	—	—	50	—	FB	—
—	45	130	—30	—200	—	—	—		OC44, 2N137, SFT108
—	10	100	—25	—100	—	—	—	—	OC70, 2N186, SFT101
	90	100	—12	—10	—	—	—	—	OC75, 2N192, [redacted] SFT103
—	30	100	—12	—20	—	—	—	—	OC70, 2N187, SFT101
	13	75	—25	—40	—	—	—	—	OC70, 2N186, SFT101
—	25	75	—25	—40	—	—	—	—	OC70, 2N186, SFT101
—	25	9000	—40	3000	—	75	—	EB	2N57, GET8,
—	25	9000	—12	—3000	—	—		EB	2N57, GET7,
—	60	9000	—12	—4000	—	—	—	EB	2N57, GET7,
—	25	9000	—50	—3000	—	—	—	—	2N57

Продължение на таблица 18

Означение	Фирма производител	Приложение	Основни пара-							
			колекторно напрежение (в)	емитерен ток (ма)	колекторен ток (ма)	гранична работна честота (мгхц)	коефициент на шума (дб)	h_{11}, r_{11}^3, hib^4, R_e^5	h_{12}, r_{12}^3, hrb^4, R_b^5	h_{21}, r_{21}^3, hfb^4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CTP1509 p-n-p	Clev	нчу	—	—	—5000	0,004	—		—	—
GET3 — p-n-p	GEA	„			—	—		—	—	—
GET4 — p-n-p	„	„		—	—	—	—	—		—
GET5 — p-n-p	„	„	—4	—	—50	0,9	—			—
GET6 — p-n-p	„	„	—	—		1	3		—	
GET7 — p-n-p	„	„	—	—	—		—	—	—	—
GFT20 — p-n-p	TKD	„	—3	+1	1	0,8	20	40[5]	$8 \cdot 10^{-4}$	—0,96
GFT21 — p-n-p	„	„	—3	+3	3	0,9	20	1300[5]	$4,5 \cdot 10^{-4}$	0,90
GFT2006 — p-n-p	„	„	—6	—	500	—		—	—	0,96
GFT4012 — p-n-p	„	„	—2	—	—250	—	—	—	—	—
OC16 — p-n-p	Tĕl	„			—	—	—	—	—	—
OC22 — p-n-p	„	„	10	—	—400	2,5	—	—	—	—
OC23 — p-n-p	„	„	-10		—	2,5		—	—	—
OC24 — p-n-p	„	„	-10	—	—	2,5	—	—	—	
OC26 — p-n-p	„	„	—6		1000	0,0045			—	
OC23 — p-n-p	„	„	—6	—	-1000	0,02		—	—	—
OC29 — p-n-p	„	„	—	—	—6000	—		—	—	
OC30 — p-n-p	„	„	—6		-100	0,3		—	—	—
OC35 — p-n-p	„	изпр.	14		—6000	—	—	—	—	—
OC36 — p-n-p	„	„	—28		-6000	—	—	—	—	—
OC44 — p-n-p	„	осц.	—6	1		15	—	900[5]	$0,4 \cdot 10^{-4}$	20—
OC45 — p-n-p	„	мчу	—6	1		6		1400[5]	$0,65 \cdot 10^{-4}$	10—

м е т р и		Пределно допустими стойности							
h_{22}, r_{22}^3, h_{ob}^4, R_k^5	коефициент на усил. по ток при заземен емитер β	разсеяна мощност (*мвт*)	колекторно върхово напрежение (*в*)	колекторен върхов ток (*ма*)	емитерен ток (*ма*)	максимална температура (°C)	капацитет на колектора (*пф*)	свързване (ВВ — обща база; СВ — общ колектор; ЕВ — общ емитер)	Еквивалент
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
—	60	65000	—100	—13000	—	—	—	—	—
	30	50	—30	-100	—	—	—	—	OC71, 2N188, SFT102
—	50	150	—30	70	—	—	—		OC71, 2N188, 2N191
—	40	400	—40	—350	—	—	—		OC602S
—	55	50	—12	—50	—	—	—	—	OC71, 2N189, SFT102
—	40	20000	—15	-8000	—	—	—	—	OD605, CTP1109
2µs	25	50	25	-10	—	—	—	ВВ	OC70, 2N186, SFT101
80µs	44	50	15	—10	—	—	—	ЕВ	OC75, 2N192, SFT103
—	35	6000	—10	2000	—	—	—	—	OC16, SFT113
—	50	12000	—20	—4000	—	—	—	—	OD605, 2N301, CTP 1109
—	40	5000	—32	-3000	—	—	—	—	OD603, 2N84A
—	—	—	—24	-1000	—	—	170	—	—
—	—	—	—24	—1000	—	—	170	—	—
—	—	—	—24	—1000	—	—	170		—
—	20	12500	—32	—3500	—	—		—	2N257, SFT113
—	30	30000	—80	—6000	—	75	160		2N57, 2N268, SFT150
	50	30000	—60	6000	—	—	165	—	2N173, 2N268, SFT150
	30	3500	—32	1400	—	75	—	—	2N68, 2N101, OD603
—		—	—60	—6000		75	160	—	—
—	—	—	—80	—6000		75	160	—	—
36µs	100	83	-15	—5	—	75	—	ЕВ	OC410, OC613, 2N137, SFT108
110µs	50	83	—15	—5	—	75	-	ЕВ	OC400, OC612, 2N136, CK760

Продължение на таблица 18

Означение	Фирма производител	Приложение	Основни пара-							
			колекторно напрежение (*в*)	емитерен ток (*ма*)	колекторен ток (*ма*)	гранична работна честота (*мгхц*)	коефициент на шума (*дб*)	$h_{11}, r^3_{11}, h_{ib}^4, R^5_e$	$h_{12}, r^3_{12}, h_{rb}^4, R^5_b$	$h_{21}, r^3_{21}, h_{fb}^4$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
OC46 — p-n-p	Tēl	изпр.	—5	1	—	3	—	1700[5]	0,75 . 10⁻⁴	20
OC47 — p-n-p	„	„	—5	1	—	4,5	—	1700[5]	0,75 . 10⁻⁴	20
OC57 — p-n-p	„	нчу	—0,5	0,25	—	0,01		—		—
OC58 — p-n-p	„	„	—0,5	0,25	—	0,01	—	—		—
OC59 — p-n-p	„	„	—0,5	0,25	—	0,01	—	—	—	—
OC60 — p-n-p	„	„	—2	0,5	—	—	15	—	—	—
OC70 — p-n-p	„	„	—2	0,5	—	0,015	—	2200[5]	10 . 10⁻⁴	30
OC71 — p-n-p	„	имп. ус.	-2	3	—	0,01	10	850[5]	5 . 10⁻⁴	47[5]
OC72 — p-n-p	„	нчу	-6	1,5	—4	0,350	15	—	—	—
OC74 p-n-p	„	„	—6	50	—	0,5	30		—	—
OC75 — p-n-p	„	имп. ус.	—2	—	—3	—	—	—	—	—
OC76 — p-n-p	„	„	-6	1,0	—	0,350	—	—	—	—
OC77 p-n-p	„	нчу	—6	1,0	—	—	—		—	—
OC79 p-n-p	„	„	-6	—	—5	0,02	15	—	—	—
OC80 — p-n-p	„	имп. осц.	—6	1,0	—	2	—			—
OC130 — p-n-p	„	нчу	—2	0,5	—		20	70[5]	4 . 10⁻⁴	0,97
OC139 p-n-p	„	мчу	—5	3	—	3,5	—	—	—	—
OC140 — p-n-p	„	„	—5	—3	—	4,5	25	—	—	—
OC141 — p-n-p	„	„	—5	—3	—	9	25	—	—	—
OC169 — p-n-p	„	„	—6	1	—	70	5	—	—	—
OC170 p-n-p	„	„	—6	1	—	60	4	—	—	—
OC171 — p-n-p	„	вчу	6	1	—	100	9	—	—	—

метри		Пределно допустими стойности							
h_{22}, r_{22}^{3}, h_{ob}^{4}, R_{k}^{5}	коефициент на усил. по ток при заземен емитер β	разсеяна мощност (*мвт*)	колекторно върхово напрежение (*в*)	колекторен върхов ток (*ма*)	емитерен ток (*ма*)	максимална температура (°C)	капацитет на колектора (*пф*)	свързване (ВВ) — обща база ; СВ — общ колектор ; ЕВ — общ емитер)	Еквивалент
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
145µs	—	—	—20	—100	—	75	—	—	—
145µs	—	—	—20	—100	—	75	—	—	—
—	10	10	—7	—5	—	55	—	—	OC340, OC624
—	65	10	—7	—5	—	55	—	—	OC340, OC350, OC624
—	90	10	—7	—5	—	55	—	—	OC350
—	—	10	—7	—5	—	55	—	—	—
23µS	—	125	—32	—10	—	75	—	—	OC602, 2N34, SFT101
80µS	50	125	—30	—10	—	75	—	—	OC603, 2N104, 2N268
—	60	165	—32	—250	—	75	—	—	OC604S, 2N132, SFT123
—	100	500	—20	—300	—	75	—	—	2N204, 2N249, SFT131
—	75	125	—32	—10	—	75	—	—	OC604, 2N192, SFT103
—	60	100	—32	—125	—	75	—	—	2N188, SFT102, OC71
—	45	165	—60	—125	—	75	—	—	OC450, 2N43, CK791
—	—	—	—26	—300	—	75	—	—	—
—	60	550	—32	—300	—	75	—	—	SFT131, GET5
0,33µS	30	50	—20	—10	—	45	—	—	OC71, SFT102, 2N187, 2N190
—	20	100	—20	—200	—	75	—	—	2N167, 2N585
—	50	100	—20	—250	—	75	—	—	2N167, 2N585
—	100	100	—20	—200	—	75	—	—	2N167
—	—	50	—20	—10	—	75	—	—	—
—	80	50	—20	—10	—	75	—	—	—
—	—	50	—20	—10	—1	75	—	—	—

Продължение на таблица 18

Означение	Фирма производител	Приложение	Основни пара-							
			колекторно напрежение (*в*)	емитерен ток (*ма*)	колекторен ток (*ма*)	гранична работна честота (*мгхц*)	коефициент на шума (*дб*)	h_{11}, r_{11}[3], hib[4], R_e[5]	h_{12}, r_{12}[3], hbr[4], R_b[5]	h_{21}, r_{21}[3], hfb[4]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
OC200 — p-n-p	Těl	нчу	—6		—1	1	8	—	—	—
OC201 — p-n-p	„	„	—6	—	—1	4	6	—	—	—
OC360 — p-n-p	Intm.	„	—5	1	—		9	40[5]	$3 . 10^{-4}$	—0,95
OC390 — p-n-p	„	вчу	—5	1	—			300[5]	$6 . 10^{-4}$	>20
OC430 — p-n-p	„	нчу	—5	1	—	—		900	10^{-3}	15
OC440 — p-n-p	„	„	—5	1	—	—	—	900	10^{-3}	15
OC450 — p-n-p	„	„	—5	1	—	—	—	1100	$6 . 10^{-4}$	20
OC460 — p-n-p	„	„	—5	1	—	—	—	1400	$7 . 10^{-4}$	30
OC470 — p-n-p	„	„	—5	1	—	—	—	1400	$7 . 10^{-4}$	30
OC602 — p-n-p	„	„	—1	1	—2	1	5	700[5]	$8 . 10^{-4}$	35
OC602S — p-n-p	„	„	—6	—	—2	—	10	—	—	—
OC603 — p-n-p	„	„	—1	1	—2	1,1	6	19	$8 . 10^{-4}$	0,98
OC604 — p-n-p	„	„	—1	1	—2	—	10	19	$7 . 10^{-4}$	0,985
OC604S — p-n-p	Těl	„	—0,5	—	—100	—	—	—	—	—
OC613 — p-n-p	„	„	—0,5	—	—5	—	10	800	200[5]	—
OC614 — p-n-p	„	вчу	—6	—	—0,5	25	8	160[5]	—	—
OC615 — p-n-p	„	укв ус.	—6	—	—1	80	7	35[5]	—	—
OC622 — p-n-p	„	нчу	—1	—	—2	—	10	20[5]	$8 . 10^{-4}$	0,973[5]
OC623 — p-n-p	„	„	—1	—	—2	1,1	5	19[5]	$8 . 10^{-4}$	0,98[5]
OC624 — p-n-p	„	„	—1	—	—2	—	10	19[5]	$7 . 10^{-4}$	0,985[5]
OD603 — p-n-p	„	„	—6	—	—500	—	—	20[5]	—	—
OD603/50 — p-n-p	„	„	—1	—	—100	—	—	—	—	—

...метри		Пределно допустими стойности							
h_{22}, r_{22}^{3}, h_{ob}^{4}, R_{h}^{5}	коефициент на усил. по ток при заземен емитер β	колекторно върхово напрежение (*в*)	разсеяна мощност (*мвт*)	колекторен върхов ток (*ма*)	емитерен ток (*ма*)	максимална температура (°C)	капацитет на колектора (*пф*)	свързване (ВВ — обща база; СВ — общ колектор; ЕВ — общ емитер)	Еквивалент
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
—	—	—	—25	—50	—	150	—	—	—
—	20	100	—25	—50	—	150	50	—	—
1µs	30	35	—15	-10	10	65	—	—	OC57, OC623
32µs	30	45	-20	—10	10	65	-	—	OC45, SFT106, 2N135
50µs	15	200	—10	—50	—	150	—	EB	OC72, 2N186A, 2N205
30µs	15	200	—30	—50	—	150	—	EB	OC72, 2N186A, 2N205
25µs	20	200	-75	—50	—	150	—	EB	OC77, 2N261
70µs	30	200	—10	—50	—	150	—	EB	OC72, 2N186A, 2N205
40µs	30	200	—30	—50	—	150	—	EB	OC72, 2N186A, 2N205
85µs	40	50	-20	—50	—	—	—	EB	OC70, 2N187, 2N190, SFT101
—	40	175	—30	—500	—	75	—	—	OC72, 2N187A, GFT32
1,7µs	41	50	—20	—20	20	75	—	BB	—
1,4µs	43	50	—30	—50	—	75	—	BB	—
—	50	175	—30	—500	—	—	—	EB	OC72, 2N187A
—	45	30	—15	—	—	75	-	EB	OC44, 2N137, SFT108
-	60	30	—25	—	—	75	100	—	—
—	—	30	—25	-	—	75	21	—	—
1,7µs	40	30	—15	—	—	75	—	—	OC57, OC340
1,7µs	40	30	—15	—	—	75	—	BB	OC57, OC360
1,4µs	44	30	—15	—20	—	75	—	—	OC57, OC340
—	30	4000	—30	—3000	—	75	—	EB	OC16, SFT113
—	—	4000	—50	—1000	—	75	—	—	

Продължение на таблица 18

Означение	Фирма производител	Приложение	Основни пара-							
			колекторно напрежение (*в*)	емиторен ток (*ма*)	колекторен ток (*ма*)	гранична работна честота (*мгхц*)	коефициент на шума (*дб*)	h_{11}, r_{11}^3, hib^4, R_e^5	h_{12}, r_{12}^3, hrb^4, R_b^5	h_{21}, r_{21}^3, hfb^4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
OD604 — p-n-p	Tél	нчу	—6	—	—20	—	—	—	—	—
OD605 — p-n-p	„	„	—6	—	—2000	—	—	—	—	—
SFT101 — p-n-p	CSF	„	—	—	—	—	—	—	—	—
SFT102 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
SFT103 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
SFT106 — p-n-p	„	мчу	—	—	—	3	—	—	—	—
SFT107 — p-n-p	„	„	—	—	—	6	—	—	—	—
SFT108 — p-n-p	„	преобр.	—	—	—	10	—	—	—	—
SFT113 — p-n-p	„	нчу	—	—	—	—	—	—	—	—
SFT114 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
SFT121 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
SFT122 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
SFT123 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
SFT124 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
SFT125 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
SFT130 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
SFT131 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
SFT150 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—

метри		Пределно допустими стойности							
h_{22}, r_{22}^{3}, h_{ob}^{4}, R_{k}^{5}	коефициент на усил. по ток при заземен емитер β	разсеяна мощност (*мвт*)	колекторно върхово напрежение (*в*)	колекторен върхов ток (*ма*)	емитерен ток (*ма*)	максимална температура (°C)	капацитет на колектора (*пф*)	свързване (ВВ — обща база; СВ — общ колектор; ЕВ — общ емитер)	Еквивалент
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
—	34	1500	—25	—2000	700	75	—	BB	
—	25	15000	—30	—10000	—	—	75	—	
—	30	100	—24	—150	—	—	—	—	OC70, 2N186, 2N187, 2N189, CK888, CTP1033, GFT20, OC602, 2N40, 2N81
—	50	100	—24	—150	—	—	—	—	OC71, 2N188, 2N191, CTP 1034, OC603, 2N34, 2N35, 2N206
—	80	100	—24	—150	—	—	—	—	OC71, 2N188, CK882, OC604, 2N65, 2N175
—	30	80	—12	—50	—	—	—	—	OC45, 2N135, CK760, GFT45, OC390, OC612, 2N111, 2N139
—	50	89	—12	—50	—	—	—	—	OC45, 2N186, CK760, CTP 1400, OC612, 2N581
—	—	50	—12	—50	—	—	—	—	OC44, 2N137, OC613, 2N140, 2N412
—	40	25000	—30	—3000	—	—	—	—	OC26, CTP 1104, 2N257
—	40	25000	—60	—3000	—	—	—	—	OC28, CTP 1111, 2N57, 2N268
—	30	150	—24	—250	—	—	—	—	OC72, 2N186A, GFT32, 2N249
—	50	150	—24	—250	—	—	—	—	OC72, 2N187A, OC602S, GFT32
—	80	150	—24	—250	—	—	—	—	OC72, 2N188A, 2N224, GFT32
—	30	350	—24	—500	—	—	—	—	OC74, OC460, 2N205, GET5
—	70	350	—24	—500	—	—	—	—	OC74, 2N204, 2N249, GET5
—	30	550	—24	—500	—	—	—	—	OC74, OC460, GET5
—	70	550	—24	—500	—	—	—	—	OC74, GET5
—	40	25000	—80	—3000	—	—	—	—	OC29, CTP 1111, 2N57, 2N174

Означение	Фирма производител	Приложение	Основни пара-							
			колекторно напрежение (*в*)	емитерен ток (*ма*)	колекторен ток (*ма*)	гранична работна честота (*мгху*)	коефициент на шума (*дб*)	h_{11}, r_{11}^3, h_{ib}^4, R_e^5	h_{12}, r_{12}^3, h_{rb}^4, $R_б^5$	h_{21}, r_{12}^3, h_{fb}^4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
TF65 — p-n-p	Siem	нчу	—	—	—	—	—	—	—	—
TF70 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
TF71 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
TF72 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
TF75 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
TF60 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
TS161 — p-n-p	Tung	„	—	—	—	—	—	—	—	—
TS162 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
TS163 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
TS164 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
TS165 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
TS166 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
2N27 — n-p-n	West	„	—	—	—	—	—	—	—	—
2N29 — n-p-n	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
2N30 — n-p-n	GE	„	—25	0,5	—	2	57	275^3	200^3	—
2N31 — n-p-n	„	„	—25	0,5	—	—	—	900^5	450^5	—
2N32 — n-p-n	RCA	„	-25	0,5	—	0,9	—	—	—	—
2N33 — n-p-n	„	„	—8,5	0,3	—	3	—	—	—	—
2N34 — p-n-p	Tran	„	—6	—	—1	0,8	—	35	$6 \cdot 10^{-4}$	0,98
2N35 — p-n-p	Sy	„	+6	—1	0,01	—	—		—	—
2N37 — p-n-p	RCA	„	—6	—	—1	0,6	22	—	—	—
2N38 — p-n-p	Hy	„	—6	—	—1	0,5	—	—	—	—

метри		Пределно допустими стойности							Еквивалент
h_{22}, r_{22}^{3}, h_{ob}^{4}, R_{k}^{5}	коефициент на усил. по ток при заземен емитер β	разсеяна мощност (*мвт*)	колекторно върхово напрежение (*в*)	колекторен върхов ток (*ма*)	емитерен ток (*ма*)	максимална температура (°C)	капацитет на колектора (*пф*)	свързване (ВВ — обща база; СВ — общ колектор; ЕВ — общ емитер)	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
—	50	10	−10	−10	—	—	—	—	OC57, OC340, OC624
—	10	100	−30	−25	—	—	—	—	OC70, 2N186, 2N189, SFT101
—	24	75	−30	−20	—	—	—	—	2N42, 2N124, 2N125, 2N229
—	100	50	−30	−25	—	—	—	—	2N27, 2N125, 2N214
—	30	250	−13	−250	—	—	—	—	OC72, 2N187A, OC602S
—	45	2500	−35	−2500	—	—	—	—	OC16, OC30, SFT114
—	50	50	−25	−10	—	—	—	—	OC71, 2N188, 2N191, SFT102
—	17	50	−10	−10	—		—	—	OC70, 2N186, 2N189, SFT101
—	25	50	−25	−10	—	—	—	—	OC70, 2N186, 2N189, SFT101
—	45	50	−25	−10	—	—	—	—	OC71, 2N188, 2N191, SFT102
—	90	50	−25	−10	—	—	—	—	OC75, SFT103, 2N192
—	40	50	−10	−10	—	—	—	—	OC70, 2N187, 2N190, SFT101
—	200	50	−35	−100	—	—	—	—	TF72
—	200	50	35	−100	—		—	—	TF72
22^{3}	17	100	−30	−7	3	40	—	ВВ	
30^{5}	21	100	−30	−7	3	40	—	ВВ	
—	21	50	−40	−8	—	40	—	ВВ	
—	22	30	−8,5	−7	—	40	—	ВВ	
1μs	—	50	−25	−20	—	50	—	ВВ	OC71, 2N191, SFT102
—	40	50	−25	−10	—	50	—	ЕВ	[redacted], 2N229, TF71
—	36	125	−20	−20	—	100	—	ЕВ	OC72, 2N187A
—	32	200	−25	−8	8	60	—	ЕВ	OC72, 2N186A

Продължение на таблица 18

Означение	Фирма производител	Приложение	Основни пара-							
			колекторно напрежение (*в*)	емитерен ток (*ма*)	колекторен ток (*ма*)	гранична работна честота (*мгхц*)	коефициент на шума (*дб*)	h_{11}, r_{11}^{3}, hib^{4}, R_{e}^{5}	h_{12}, r_{12}^{3}, hrb^{4}, R_{b}^{5}	h_{21}, r_{21}^{3}, hfb^{4}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2N43 — p-n-p	GE	нчу	—6	1	—	0,8	—	35	5.10^{-4}	—
2N44 — p-n-p	"	"	—6	—	—1	0,5	—	38	3.10^{-4}	—
2N63 — p-n-p	Ray	"	—6	—	—1	0,5	—	38	2.10^{-4}	—
2N64 — p-n-p	"	"	—6	—	—1	0,7	22	38	4.10^{-4}	—
2N65 — p-n-p	"	"	—6	—	—1	1,2	20	35	7.10^{-4}	—
2N68 — p-n-p	Sy	"	—12	—	—5	—	—	—	—	—
2N77 — p-n-p	RCA	вчу	—4	—	—0,7	0,7	—	—	—	—
2N94 — n-p-n	Sy	"	+6	—0,5	—	3,5	15	—	—	—
2N94A — n-p-n	"	мчу	+6	—0,5	—	6	15	—	—	—
2N95 — n-p-n	"	нчу	—	—	—	—	—	—	—	—
2N97 — n-p-n	GE	"	—	—	—	—	—	—	—	—
2N97A — n-p-n	"	"	—	—	—	—	—	—	—	—
2N98 — n-p-n	"	мчу	—	—	—	2,5	—	—	—	—
2N98A — n-p-n	"	"	—	—	—	2,5	—	—	—	—
2N100 — n-p-n	"	"	—	—	—	5	—	—	—	—
2N101 — n-p-n	Sy	нчу	—	—	—	—	—	—	—	—
2N102 — n-p-n	"	"	—	—	—	—	—	—	—	—
2N103 — n-p-n	GE	"	—	—	—	—	—	—	—	—
2N104 — p-n-p	RCA	"	—6	—	—1	0,7	12	—	—	—
2N105 — p-n-p	"	"	—4	—	—0,7	—	4,5	—	—	—
2N106 — p-n-p	Ray	"	—1,5	—0,5	—	—	12	—	700[5]	—
2N107 — p-n-p	GE	"	—	—	—	—	—	—	—	0,95

метри		Пределно допустими стойности							
h_{22}, r_{22}^{3}, hob^{4}, R_{h}^{5}	коефициент на усил. по ток при заземен емитер β	разсеяна мощност (*мвт*)	колекторно върхово напрежение (*в*)	колекторен върхов ток (*ма*)	емитерен ток (*ма*)	максимална температура (°C)	капацитет на колектора (*пф*)	свързване (ВВ — обща база; СВ — общ колектор; ЕВ — общ емитер)	Еквивалент
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1µs	—	150	—45	—50	—	100	—	BB	OC450, GET5, 2N205
1µs	—	150	—45	—50	—	100	—	BB	OC72, OC77, OC450, 2N261
0,5µs	—	125	—25	—20	—	100	—	BB	OC70, OC309
0,5µs	30	125	—25	—20	—	100	—	BB	OC71, 2N190, SFT102
0,5µs	50	100	—25	—20	—	100	—	BB	OC75, 2N192, SFT103
—	40	2500	—25	—1500	—	—	—	EB	OC30, SFT113
—	55	35	—25	—15	—	—	—	EB	OC71, 2N188, 2N191, SFT103
—	30	50	—20	—10	—	—	—	EB	OC139
—	40	50	—20	—10	—	85	—	—	OC140, OC141
—	40	4000	—25	—1500	—	—	—	—	2N102
—	14	50	—30	—	—	—	—	—	**TE71**, 2N42
—	15	50	—40	—10	—	—	—	—	TF71, 2N42
—	40	75	—40	—10	—	—	—	—	OC139
—	40	50	—40	—10	—	—	—	—	OC139
—	140	25	—25	—5	—	—	—	—	OC140, OC141
—	40	4000	—25	—1500	—	—	—	—	OC16, SFT113
—	40	4000	—25	—1500	—	—	—	—	2N95
—	5	50	—35	—	—	—	—	—	TF71, 2N42
—	44	100	—30	—50	—	70	—	EB	OC71, 2N187, 2N190, SFT102
—	42	35	—25	—15	—	—	—	EB	OC71, 2N188, 2N191, SFT102
1^{5}	45	60	—6	—10	—	—	—	EB	OC71, 2N191
—	20	50	—8	—10	—	—	—	—	OC70, 2N18,8 SFT101

Продължение на таблица 18

Означение	Фирма производител	Приложение	Основни пара-							
			колекторно напрежение (*в*)	емитерен ток (*ма*)	колекторен ток (*ма*)	гранична работна честота (*мгц*)	коефициент на шума (*дб*)	$h_{11}, r_{11}^3, hib^4, R_e^5$	$h_{12}, r_{12}^3, hrb^4, R^5$	h_{21}, r_{21}^3, hfb^4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2N109 — p-n-p	RCA	нчу	—9	—	—13	—	—	—	—	—
2N111 — p-n-p	Ray	„	—	—	—	3	—	—	—	—
2N112 — p-n-p	„	мчу	—	—	—	5	—	—	—	—
2N112A — p-n-p	„	нчу	—6	1	—	5	28	—	—	—
2N113 — p-n-p	„	„	—6	1	—	10	28	—	—	—
2N114 — p-n-p	„	вчу	—6	1	—	20	28	—	—	—
2N117 — n-p-n	Texa	нчу	—	—	—	—	—	—	—	—
2N118 — n-p-n	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
2N118A — n-p-n	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
2N119 — n-p-n	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—
2N124 — n-p-n	„	мчу	6	—	5	4	20	58^5	170^5	—
2N125 — n-p-n	„	„	6	—	5	6	20	62^5	300^5	—
2N126 — n-p-n	„	„	6	—	5	6	20	58^5	440^5	—
2N127 — n-p-n	„	„	6	—	5	5	20	59	820	—
2N128 — p-n-p	Ph	вчу	—	—	—	45	—	—	—	—
2N129 — p-n-p	„	„	—	—	—	30	—	—	—	—
2N130 — p-n-p	Ray	нчу	—	—	—	0,6	25	—	350^5	—
2N131 — p-n-p	„	„	—	—	—	0,8	22	—	700^5	—
2N132 — p-n-p	„	„	—	—	—	—	20	—	1500^5	—
2N133 — p-n-p	„	„	—1,5	0,5	—	—	10	—	700^5	—
2N136 — p-n-p	GE	мчу	—	—	—	6,5	—	—	—	—
2N137 — p-n-p	„	вчу	—	—	—	10	—	—	—	—

метри		Пределно допустими стойности							
h_{22}, r_{22}[3], h_{ob}[4], R_k[5]	коефициент на усил. по ток при заземен емитер β	Разсеяна мощност (*мвт*)	колекторно върхово напрежение (*в*)	колекторен върхов ток (*ма*)	емитерен ток (*ма*)	максимална температура (°C)	капацитет на колектора (*пф*)	свързване (ВВ — обща база; СВ — общ колектор; ЕВ — общ емитер)	Еквивалент
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
75	33	200	—20	—	—	—	—	ЕВ	OC72, 2N188A
—	25	130	—200	—200	—	—	—	—	OC45, SFT106, 2N135, 2N587
—	30	130	—30	—200	—	—	—	—	OC45, SFT107, 2N136
—	20	50	—10	—8	—	85	—	—	OC44, 2N137, SFT108
—	45	130	—30	—200	—	85	—	—	OC44, 2N137, 2N580, SFT108
—	25	50	—10	—5	—	—	—	—	OC44, CK762
—	15	150	—30	—25	—	—	—	—	2N160
—	25	150	—30	—25	—	—	—	—	2N161
—	80	150	—30	—25	—	—	—	—	2N163
—	80	150	—30	—25	—	—	—	—	2N163
—	18	50	—10	—8	—	75	—	ЕВ	OC139
0,23μs	36	50	—10	—8	—	75	—	ЕВ	OC140
0,28μs	70	50	—10	—8	—	75	—	ВВ	OC140
0,2μs	100	50	+10	+8	—	75	—	ВВ	—
—	25	30	—5	—5	—	—	—	—	—
—	30	30	—5	—5	—	—	—	—	2N231
2[5]	22	180	—44	—10	—	85	—	—	OC77, 2N44
2[5]	45	180	—30	—10	—	85	—	—	OC72, 2N187A
2[5]	90	180	—24	—10	—	85	—	—	OC72, 2N188A
1[5]	45	80	—30	—10	—	85	—	—	OC71, 2N191
—	40	100	—20	—50	—	—	—	—	OC45, CK750, SFT107, GET45, OC612, 2N409
—	60	100	—10	—50	—	—	—	—	OC44, SFT108, CTP1410, OC613, 2N140, 2N412

Продължение на таблица 18

Означение	Фирма производител	Приложение	Основни пара-							
			колекторно напрежение (*в*)	емитерен ток (*ма*)	колекторен ток (*ма*)	гранична работна честота (*мгхц*)	коефициент на шума (*дб*)	h_{11}, r_{11}^{2}, hib^{4}, R_{e}^{5}	h_{12}, r_{12}^{3}, hrb^{4}, R_{b}^{5}	h_{21}, r_{21}^{3}, hfb^{4}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2N138 — p-n-p	Ray	нчу	—	—	—	—	—	—	—	—
2N139 — p-n-p	RCA	мчу	—	—	—	6,7	—	—	—	—
2N145 — n-p-n	Texa	»	—	—	—	4	—	—	—	—
2N146 — n-p-n	»	»	—	—	—	6	—	—	—	—
2N147 — n-p-n	»	»	—	—	—	6	—	—	—	—
1N160A — n-p-n	Rade	»	—	—	—	4	—	—	—	—
2N161A — n-p-n	»	»	—	—	—	5	—	—	—	—
2N162A — n-p-n	»	»	—	—	—	9	—	—	—	—
2N163A — n-p-n	»	»	—	—	—	6	—	—	—	—
2N167 — n-p-n	GE	»	—	—	—	8	—	—	—	—
2N169 — n-p-n	»	»	—	—	—	2,5	—	—	—	—
2N170 — n-p-n	»	»	—	—	—	2,5	—	—	—	—
2N182 — n-p-n	CBS	»	—	—	—	3	—	—	—	—
2N188 — n-p-n	»	»	—	—	—	7	—	—	—	—
2N184 — n-p-n	»	»	—	—	—	10	—	—	—	—
2N193 — n-p-n	Sy	»	—	—	—	10	—	—	—	—
2N194 — n-p-n	»	»	—	—	—	4	—	—	—	—
2N211 — n-p-n	»	»	—	—	—	10	—	—	—	—
2N212 — n-p-n	»	»	—	—	—	7	—	—	—	—
2N247 — n-p-n	RCA	вчу	—	—	—	100	—	—	—	—
2N248 — n-p-n	Texa	укв ус.	—	—	—	60	—	—	—	—
2N274 — n-p-n	RCA	вчу	—	—	—	30	—	—	—	—

метри		Пределно допустими стойности							
h_{22}, r_{22}^{3}, hob^{4}, R_{k}^{5}	коефициент на усил. по ток при заземен емитер β	разсеяна мощност (*мвт*)	колекторно върхово напрежение (*в*)	колекторен върхов ток (*ма*)	емитерен ток (*ма*)	максимална температура (°C)	капацитет на колектора (*пф*)	свързване (BB — обща база; CB — общ колектор; EB — общ емитер)	Еквивалент
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
—	140	50	—24	—20	—	—	—	—	OC75, SFT103, 2N265
—	48	35	—12	—15	—	—	—	—	OC45, 2N136, SFT107
—	18	65	—20	—5	—	—	—	—	OC139
—	36	65	—20	—5	—	—	—	—	OC140
—	70	65	—20	—5	—	—	—	—	OC140
—	15	150	—40	—25	—	—	—	—	OC139, 2N332
—	30	150	—40	—25	—	—	—	—	OC140, 2N333
—	40	150	—40	—25	—	—	—	—	OC141, 2N334
—	50	150	—40	—25	—	—	—	—	OC140, 2N334
—	40	75	—30	—75	—	—	—	—	OC141
—	20	50	—15	—20	—	—	—	—	OC139
—	20	25	—6	—20	—	—	—	—	OC139
—	25	100	—30	—10	—	—	—	—	OC139
—	50	100	—30	—10	—	—	—	—	OC140
—	100	100	—30	—10	—	—	—	—	2N337, 2N338
—	8	50	—15	—50	—	—	—	—	OC141, 2N162, 2N337
—	8	50	—15	—50	—	—	—	—	OC139, 2N160
—	6	50	—10	—50	—	—	—	—	OC141, 2N162, 2N337
—	10	50	—10	—50	—	—	—	—	OC140, 2N161
—	60	35	—35	—10	—	—	—	—	2N274, 2N370
—	—	50	—25	—50	—	—	—	—	—
—	60	35	—35	—10	—	—	—	—	2N274, 2N370, 2N544

Продължение на таблица 18

Означение	Фирма производител	Приложение	Основни пара-							
			колекторно напрежение (*в*)	емитерен ток (*ма*)	колекторен ток (*ма*)	гранична работна честота (*мгхц*)	коефициент на шума (*дб*)	$h_{11}, r_{11}^{2}, hib^{4}, R_{e}^{5}$	$h_{12}, r_{12}^{3}, hrb^{4}, R_{b}^{5}$	$h_{21}, r_{21}^{3}, hfb^{4}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2N332 — n-p-n	Texa	мчу	—	—	—	4	—	—	—	—
2N333 — n-p-n	„	„		—	—	4	—	—	—	—
2N334 — n-p-n	„	„	—	—	—	10		—	—	—
2N335 — n-p-n	„	„	—	—	—	4		—	—	—
2N337 — n-p-n	„	„	—	—	—	10	—	—	—	—
2N338 — n-p-n	„	вчу	—	—	—	20	—	—	—	—
2N370 — p-n-p	RCA	„	—	—	—	30	—	—	—	—
2N371 — p-n-p	„	„	—	—	—	30	—	—	—	—
2N372 — p-n-p	„	„	—	—	—	30	—	—	—	—
2N373 — p-n-p	„	„	—	—	—	30	—	—	—	—
2N374 — p-n-p	„	„	—	—	—	30	—	—	—	—
2N384 — p-n-p	„	укв ус.	—	—	—	100	—	—	—	—
2N409 — p-n-p	„	мчу	—	—	—	7	—	—	—	—
2N412 — p-n-p	„	вчу	—	—	—	10	—	—	—	—
2N544 — p-n-p	„	„	—	—	—	30	—	—	—	—
2N578 — p-n-p	„	мчу	—	—	—	5	—	—		—
2N579 — p-n-p	„	„	—	—	—	8	—	—	—	—
2N580 — p-n-p	„	вчу	—	—	—	15	—	—	—	—
2N581 — p-n-p	„	мчу	—	—	—	8	—	—	—	—
2N582 — p-n-p	„	вчу	—	—	—	18	—	—	—	—
2N584 — p-n-p	„	„	—	—	—	18	—	—	—	—
2N585 — p-n-p	„	мчу	—	—	—	5	—	—	—	—

метри		Пределно допустими стойности							
h_{22}, r_{22}^{3}, hob^{4}, R_{k}^{5}	коефициент на усил. по ток при заземен емитер β	разсеяна мощност (*мвт*)	колекторно върхово напрежение (*в*)	колекторен върхов ток (*ма*)	емитерен ток (*ма*)	максимална температура (°C)	капацитет на колектора (*пф*)	свързване (BB — обща база; CB — общ колектор; EB — общ емитер)	Еквивалент
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
—	15	150	—45	25	—	—	—	—	OC139, 2N160
—	30	150	—45	—25	—	—	—	—	OC139, 2N161
—	40	150	—45	—25	—	—	—	—	OC141, 2N163
—	60	150	—45	—25	—	—	—	—	OC140, 2N163
—	40	125	—40	—20	—	—	—	—	OC141, 2N162
—	100	125	—40	—20	—	—	—	—	2N263
—	60	80	—20	—10	—		—	—	2N247, 2N372, 2N544
—	35	80	—20	—10		—	—	—	2N247, 2N372, 2N544
—	60	80	—20	10	—	—	—	—	2N247, 2N370, 2N544
—	60	80	—25	—10	—	—	—	—	2N247, 2N370, 2N544
—	60	80	—25	—10	—	—	—	—	2N247, 2N370, 2N544
	—	120	30	10	—	—	—	—	—
—	50	80	—13	—15	—	—	—	—	OC45, SFT107, 2N136
—	75	80	—13	—15	—	—	—	—	OC44, SFT108, 2N137
—	60	80	—18	—10	—	—	—	—	2N247, 2N370
	15	120	—14	—400	—	—	—	—	2N136, 2N112
—	30	120	—14	—400	—	—	—	—	2N136, 2N112
—	45	120	—14	—400	—		—	—	OC44, CK761
—	30	120	—15	—100	—	—	—	—	2N136, 2N112
—	60	120	—14	—100	—	—	—	—	—
—	60	120	—14	100	—	—	—	—	—
—	40	120	—24	—200	—	—	—	—	OC140

Продължение на таблица 18

Забележка

$h_{11} = \left|\frac{u_1}{i_1}\right| i = 0$ — входно съпротивление на триода при изход, даден на късо (*ом*)

$r^3_{11} = \frac{u_1}{i_2}$ — входно съпротивление в ненатоварен режим (*ом*)

hib^4 — входно съпротивление при схема с обща база и изход на късо (*ом*)

R^5_e — съпротивление на емитера (*ом*)

$h^3_{12} \left|\frac{u_1}{u_2}\right| i_1 = 0$ — коефициент на усилване по напрежение при отворен вход

$r^3_{12} = \frac{U_1}{i_2}$ — входно съпротивление на обратната връзка (*ом*)

hrb^4 — обратно напрежение при схема с обща база, вход отворен

R^5_b — съпротивление на базата (*ом*)

$h_{21} = \left|\frac{i_2}{i_1}\right| u_2 = 0$ — коефициент на усилване по ток при отворен вход (*ом*)

hfb^4 — коефициент на усилване по ток при обща база, изход на късо

$r^3_{21} = \frac{U_2}{i_1}$ — проходно съпротивление (*мгом*)

$h_{22} = \left|\frac{i_2}{u_2}\right| i_1 = 0$ — изходяща проводимост (*мкмо*)

$r^3_{22} = \frac{U_2}{i_2}$ — изходно съпротивление при отворен вход за променлив ток (*ком*)

hob^4 — изходяща проводимост (*мкмо*)

$R^5_к$ — съпротивление на колектора (*мгом*)

Съкратени означения на фирмите производителки

Clev — Clevite Transistor Products.
CBS — CBS-Hytron.
CSF — C. S. F. — S. F. R.
GE — General Electric Co.
GEA — General Electric Co, of England.
Hy — CBS-Hytron.
Intm — Intermetall, Düsseldorf.
Ph — Philco Corp.
Radc — Radio Receptor Co.
Ray — Raytheonmanuf.
RCA — Radio Corp. of America.
Siem — Simens und Halske.
Sy — Sylvania Electric Prod.
Tel — Telefunken.
TKD — Tekade.
Texa — Texas Instrumens.
Tran — Transitron Corp.
Tung — Tung-Sol.
V — Valvo.
West — Westinghouse Electric Corp

Таблица 19

Полупроводникови триоди (чешки)

Тип	Приложение	U_k	I_e	f_α	$F_ш$	r_{11} h^1_{11}	r_{12} h^1_{12}	α	r_{22} h^1_{22}	β	P_k	U_k	I_e'
1NU40—p-n-p	нч усилв.	—5	1	—	—	1500	1500	0,83	300	—	—20	—10	—3
2NU40—p-n-p	„	—5	1	—	—	1000	1000	0,95	400	—	—20	—20	—5
3NU40—p-n-p	„	—5	1	—	—	1000	1000	0,95	400	—	—20	—20	—5
1NU70—p-n-p	„	—5	1	—	—	1500	1500	0,83	300	—	—30	—10	—3
2NU70—p-n-p	„	—5	1	—	—	1000	1000	0,95	400	—	—50	—20	—5
3NU70—p-n-p	„	—5	1	—	—	1000	1000	0,95	400	—	—50	—20	—5
101NU70—n-p-n	„	—5	1	—	—	120^{1}	10^{1}	0,84	3^{1}	—	30	—20	—3
102NU70—n-p-n	„	—5	1	—	—	120^{1}	6^{1}	0,95	2^{1}	—	50	—25	—5
103NU70—n-p-n	„	—5	1	—	—	120^{1}	6^{1}	0,95	2^{1}	—	50	—25	—5
104NU70—n-p-n	„	—5	1	—	15	120^{1}	6^{1}	0,95	2^{1}	—	50	—25	—5
152NU70—n-p-n	смесител	—5	0,5	2	10	500—4000	—	—	20^{1}	25	25	—5	—10
153NU70—n-p-n	мч усилв.	—5	0,5	1	20	500—1000	—	—	20^{1}	25	25	—10	—10
154NU70—n-p-n	осцилатор	—5	0,5	2,5	20	500—4000	—	0,95	20^{1}	—	25	—10	—10

U_k — колекторно напрежение (*в*)
I_e — емитерен ток (*ма*)
f_α — гранична честота (*мгхц*)
$F_ш$ — коефициент на шума (*дб*)
r_{11} — входно съпротивление при ненатоварен режим (*ом*)
r_{12} — входно съпротивление на обратната връзка (*ом*)
r_{22} — изходящо съпротивление при отворен вход (*ом*)
α — коефициент на усилване по ток при заземена основа
β — коефициент на усилване по ток при заземен емитер
h_{11} — входно съпротивление при изход, даден накъсо, (*ом*)
h_{12} — коефициент на усилване по напрежение
h_{22} — изходяща проводимост (*мкмо*)
P_k — разсеяна мощност на колектора (*мвт*)
U_k — максимално колекторно напрежение (*в*)
I_e' — максимален емитерен ток (*ма*)

Електронно-лъчеви тръби с електростатична фокусировка

Обозначение / Параметри	5Л038	7Л055	8Л029	8Л039
Назначение на тръбата	Осцилографна			Осцилографна
Послесветене	средно			продължително
Цвят на светенето	зелено			жълто-оранжево
Напрежение на отоплението (*в*)	6,3	6,3	6,3	6,3
Отоплителен ток (*а*)	0,6	0,6	0,6	0,6
Фокусиращо напрежение на първия анод (*в*)	138÷300	80÷180	280÷516	320÷480
Напрежение на втория анод (*кв*)	1	1,1	1,5	2
Напрежение на третия анод (*кв*)	—	2	—	4
Ток на първия анод (*мка*)	150	200	300	500
Ток на втория анод (*мка*)	—	500	—	1500
Запиращо напрежение на модулатора (*в*)	—(30:90)	—(34÷114)	—(22÷68)	—(30÷90)
Най-голямо изменение на напрежението на модулатора	50	70	40	50
Най-голямо напрежение между втория анод и другите електроди (*в*)	660	550	550	550
Чувствителност на горния чифт пластини (*мм/в*)	0,11	0,1÷0,17	0,17	0,165 0,2[2]
Чувствителност на долния чифт пластини (*мм/в*)	0,13	0,12÷0,2	0,23	0,175 0,215[2]
Най-голямо напрежение между катода и отоплението (*в*)	125	125	125	125
Диаметър на екрана (*мм*)	53	69,5	78	78
Най-голяма дължина на тръбата (*мм*)	194	190	261	274
Цокли	275	276	277	278

Таблица 20

и електростатично отклонение на лъча (съветски)

10Л043[1]	13Л036	13Л037	13Л048[2]	18Л040Б	18Л047[1]
Осцилография	Осцилография	Осцилография		Телевизионна	Осцилография
средно	продължително	средно		—	кратко
зелено	жълто-оранжево	зелено		бяло	синьо
6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
400÷700	375÷690	302÷518	300÷550	1600÷2100	400÷700
2	2	1,5	1,5	6	2
—	4	3	—	—	6
500	500	500	300	100	500
1000	—	—	800	500	1000
−(30÷90)	−(30÷95)	−(48÷93)	−(30÷90)	−(72÷168)	−(50÷150)
60	55	40	60	—	90
550	550	550	550	550	600
0,17	0,285 0,465[2]	0,37 0,46[3]	0,22	0,12	0,15
0,2	0,34 0,315[2]	0,43 0,53[3]	0,25	0,145	0,17
125	125	125	125	125	125
101,5	134,5	136	134,5	179,5	178
415	435	435	410	378	450
279	278	278	279	277	279

Електронно-лъчеви тръби с магнитно отклонение (съветски) — Таблица 21

Означение	Тип на йонния уловител	Фокусировка	Яркост на екрана (мсб)	Цвят на светене на екрана	Послесветене	Контраст на изображението	Разделителна способност (брой на линиите)	Отопление: напрежение (в)	Отопление: ток (а)	Анодно напрежение (кв)	Фокусиращо напрежение (в)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10ЛК2Б[1]	—	Електромагнитна	100	Бял	Средно	1 : 40	625[2]	1,5	2,5	20±2	—
18ЛК2Б[2]	—		10			1 : 50	625[6]	6,3	0,55	15±1	—
18ЛК4Б	—		3,2[9]			—	—	6,3	0,6	5±1	—
18ЛК5Б	Изискваща магнит		3,2[9]			—	625	6,3	0,55	4+2	—
18ЛК15	—		3,2			—	625[11]	6,3	0,55	4+2	—
23ЛК1Б	—		4			1 : 40	625[11]	6,3	0,55	8±1	—
23ЛК2Б[13]	—		3,2			1 : 40	625[6]	6,3	0,55	$10\pm^{2}_{1}$	—
31ЛК1Б	—		5			1 : 40	625[11]	6,3	0,55	10±2	—
31ЛК2Б[13]	Изискваща магнит		5			—	625	6,3	0,6	10±2	—
40ЛК1Б[16]	» »		4			—	625	6,3	0,55	12+1	—
35ЛК2Б	» »	Електростатична	4			—	600[19]	6,3	0,6	12^{+2}_{-3}	—100 +425
43ЛК2Б[16]	» »		4			—	600[19]	6,3	0,6	$14^{+1,5}_{-3}$	—100 +425
43ЛК3Б	» »		4			—	600[19]	6,3	0,6	14±2	—100 +425
53ЛК2Б[21]	» »		4			—	600[20]	6,3	0,6	16	—100 +425
53ЛК3Б[21]	» »		4			—	600[20]	6,3	0,6	16	—100 +425

Максимален ток на лъча (*мка*)	Най-голямо напрежение между катода и отоплението (*в*)	Запиращо напрежение на модулатора (*в*)	Най-голямо изменение на напрежението на модулатора (*в*)	Най-голям диаметър на екрана (*мм*)	Най-голяма дължина на тръбата (*мм*)	Най-голям диаметър на гърлото (*мм*)	Размер на кадъра (*мм*)	Напрежение на ускоряващия електрод (*в*)	Цокъл
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
200	—	— (50÷120)	40	102	325	36	54× 72	—	280
100	175	—(100÷140)	20[7]	170	419	36	34×121	—	281
150	125	— (22÷ 90)	30	172	355	33	100×135[8]	—	282
100	125	— (25÷ 75)	30[10]	172	355	33	100×135[8]	—	282
100	125	— (14÷ 60)	30	172	355	33	100×135[8]	—	282
100	125	— (35÷ 75)	30	235	395	36	135×180[12]	—	281
100	175	— (75÷125)	18[14]	233	481	36	135×180[12]	—	281
150	125	— (35÷ 75)	30[9]	310	460	36	180×240[15]	—	281
150	125	— (30÷ 30)	30	307	485	36	180×240[17]	—	282
100	125	— (40÷100)	35	406	502	37,5	240×320[17]	—	282
150	125	— (30÷ 90)	25	330 × 264[18]	445	38	217×288	250—500	283
150	125	— (30÷ 90)	25	407 × 311[18]	510	38	277×373	300—600	264
150	125	— (30÷ 90)	25	404 × 318[18]	517	38	256×350	250—500	284
150	125	— (30÷ 90)	30	522 × 401[18]	610	38	340×460	400	284
150	125	— (30÷ 90)	30	500 × 402[16]	580	38	370×468	400	284

Приемни телевизионни

Означение	Диагонал или размери на екрана (*мм*)	Ъгъл на отклонение в градуси	Фокусировка	Отопление		U_a (кв)	U_{p_2} (*в*)	$U_{p_{3,5}}$ (*в*)
				напрежение (*в*)	ток (*а*)			
AW17—69	128×96	—	E	6,3	0,3	14	400	—
AW36—20	356	70	E	6,3	0,3	12	300	—
AW36—21	356	70	E	6,3	0,3	12	300	—
AW36—48	360	—	E	6,3	0,3	14	300	—
AW36—60	356	90	E	6,3	0,3	12	300	—
AW43—20	360×270	—	E	6,3	0,3	14	400	—
AW43—80	360×270	—	E	6,3	0,3	15	400	—
AW43—88	295×374	110	E	6,3	0,3	16	400	0 ÷ —400
AW53—80	382×484	90	E	6,3	0,3	15	400	—90 ÷ +220
AW53—88	382×484	110	E	6,3	0,3	16	400	0 ÷ —400
AW61—88	482×544	110	E	6,3	0,3	16	400	0 ÷ —400
MP17—20	128×96	—	M	6,3	0,3	14	300	0 ÷ —300
MW22—7—14	231	—	M	6,3	0,3	7	20	—
MW31—16PO1	308	—	M	6,3	0,3	9	200	—
MW36—24PO1	308	—	M	6,3	0,3	9	200	—
MW36—67	430	—	M	6,3	0,3	14	300	—
MW43—22	400	—	M	6,3	0,3	14	160	—
MW43—24	400	—	M	6,3	0,3	14	160	—
MW43—69	422	70	M	6,3	0,3	14	300	0—250
MW43—80	430	90	M	6,3	0,3	14	300	—
MW53—22	514,5	—	M	6,3	0,3	14	250	0—400
MW53—24	514,5	—	M	6,3	0,3	14	250	0—400
MW61—80	610	90	M	6,3	0,3	16	300	0—400
25QP20	270	55	M	6,3	0,6	8	250	—
181QP44	105×140	—	M	6,3	0,3	6	250	—
350QP44	348	70	M	6,3	0,3	12	350	—
351QP44	348	70	M	6,3	0,3	12	250	—
430QP44	425	70	M	6,3	0,3	15	400	—15 + 190

Таблица 22

тръби (европейски)

Напрежение на първата решетка U_{p_1} (*в*) при напрежение на		Капацитет в *пф*			Тегло (*кг*)	Цокъл
U_{p_2} 300 *в*	U_{p_2} 400 *в*	$C_{д_1}$	$C_к$	$C_{ам}$		
—	—44÷—103	7	5	800	—	299
—55÷+145	—	—	—	—		300
—55÷+145	—	—	—	—		300
—200÷+200	—	—	—	—		301
—55÷+145	—	—	—	—	—	300
—	—103÷—44	7	7	1500	—	302
—75÷—35	—102÷—48	7	5	1500	62	303
—72÷—30	—94÷—38	6	5	1500	5	304
—75÷—35	—102÷—48	6	5	2500	12	303
—72÷—30	—94÷—38	6	5	2500	11	304
—72÷—30	—94÷—38	6	5	2500	18	304
—86÷—40	—	7	5	800	—	299
60	—	—	-	—	—	305
40	—		—	—	—	306
40	—	—	—		-	306
—70÷—30	—	—	—	—	—	306
—46÷ 33	—	—	—	—	—	306
—46÷ 33	—		—	—	—	306
—86÷—40	—	—	—		—	307
—86÷—40	—	—		—	-	308
—72÷ -36	—	—	—	-	—	308
—72÷—36	—	—	—	—	—	308
—80÷—40	—	—	—	—	—	299
—45÷—20	—	6	8	—	—	309
—45÷—20	—	6	6	-	—	310
—45÷—20	—	6	8	—		309
—45÷ 30	-	6	6,5	800	-	306
—80÷—40	—107.—53	7	5	1500	—	306

Таблица 23

Осцилографни тръби (европейски)

Означение	Диаметър (мм)	Цвят на екрана	Фокусировка	Отопление напрежение (в)	Отопление ток (а)	U_{a_3} (кв)	U_{a_2} (в)	U_{a_1} (в)	$-U_{p_1}$ (в)	Чувствителност (мм/в) SД₁—Д₂	Чувствителност мм/в SД₃—Д₄	
DG 3—1	38	зел.	E	6,3	0,65	—	500	150	30	0,2	0,16	311
DG 3—2	38	„	E	6,3	0,65	—	800	200	20	0,06	0,04	311
DG 4—1	44	„	E	6,3	0,4	—	1000	360	60	0,26	0,16	321
DG 7—2	71	„	E	4	1	—	800	350	30	0,22	0,14	311
DG 7—5	71	„	E	6,3	0,31	—	800	200	0—50	0,25	0,16	313
DG 7—6	71	„	E	6,3	0,4	—	800	300	50	0,26	0,16	313
DG 7—12	75	„	E	6,3	0,3	—	2000	200	40	0,11	0,09	312
DG 7—14	75	„	E	6,3	0,3	4	2000	700	75	0,22	0,16	312
DG 7—32	71	„	E	6,3	0,3	—	500	120	40—90	0,35	0,22	314
DG 7—36	71	„	E	6,3	0,3	—	1500	400	80	0,49	0,33	315
DG 7—52	75	„	E	6,3	0,3	—	800	125	100	0,45	0,2	312
DG 9—3	97	„	E	4	1		1000	400	40	0,4	0,31	316
DG 9—5	97	„	E	4	1	—	1000	400	0—40	0,18	0,15	319
DG10—2	97	„	E	6,3	0,3	—	2000	720	100	0,3	0,23	318
DG10—14	100	„	E	6,3	0,3	—	2000	500	100	0,28	0,21	312
DG10—18	100	„	E	6,3	0,3	—	2000	500	40	2,7	0,83	312
DG10—54	100	„	E	6,3	0,3	—	2000	500	100	0,5	0,2	312
DG13—14	130	„	E	6,3	0,3	—	2000	500	100	0,34	0,29	312
DG13—18	135	„	E	6,3	0,3	—	5000	1000	75	0,28	0,26	322
DG13—36	135	„	E	6,3	0,3	—	2000	500	50	0,44	0,33	323
DG13—54	130	„	E	6,3	0,3	—	2000	500	90	0,88	0,3	320
DG16—1	167	„	E	4	1	—	2000	500	40	0,25	0,17	317
DG18—14	180	„	E	6,3	0,3	4	2000	500	100	0,31	0,27	312
DG22—1	227	„	E	4	1	—	1000	250	60	0,12	0,1	324
DG25—1	257	„	E	4	1	—	1700	250	60	0,13	0,11	325
DGM10—12	100	„	E	4	0,8	—	1500	450	70	0,23	0,21	326
DGM10—14	100	„	E	4	0,8	7,5	1500	450	70	0,16	0,15	327
DGM13—14	135	„	E	6,3	0,3	—	4000	2000	85	0,40	0,41	328

Означение	Диаметър (мм)	Цвят на екрана	Фокусировка	Отопление напрежение (в)	ток (а)	U_{a_3} (кв)	U_{a_2} (в)	U_{a_1} (в)	$-U_{p_1}$ (в)	Чувствителност (мм/в) $SД_1-Д_2$	Чувствителност мм/в $SД_3-Д_4$	
DGM13—34	135	"	E	6,3	0,3	16	8000	2500	140	0,12	0,1	329
DGM16 12	160	"	E	4	0,8	—	1500	450	70	0,26	0,23	330
DGM16—14	160	"	E	4	0,8	7,5	1500	450	70	0,17	0,16	330
7QR20	60	"	E	6,3	0,6	—	800	190	— 40	0,275	0,25	331
12QR50	100	"	E	6,3	0,6	4	2000	500	80	0,48	0,24	332
25QP21	240	2	E	6,3	0,6	—	8000	250	45	—		309
43OP47	2.3/362		M	6,3	0,3	—	14000	300	85	—	—	333

Газотрони и

Параметри \ Означение	ТГ1Б	ТГ1-0,1/0,3
Тип на лампата	двуаноден тиратрон	тиратрон
Назначение	изправител	релаксационни и изправителни устройства
Напълнени	криптон — ксенон	аргон
Вид на отоплението	косвено	косвено
Напрежение на отоплението — номинално (*в*)	6,3	6,3
Напрежение на отоплението — минимално (*в*)	6[1]	5,7
Напрежение на отоплението — максимално (*в*)	6,6[1]	6,9
Отоплителен ток (*а*)	—	—
Минимално време за подгряване на катода (*сек*)	10	30
Най-голямо напрежение между катода и подгревателя (*в*)	50[2]	100
Запалително напрежение (*в*)	30[3]	—
Падение на напрежението (*в*)	20	20
Най-голяма амплитуда на постоянното напрежение (*в*)	240	300
Амплитуда на обратното напрежение (*в*)	240	300
Най-голям среден аноден ток (*а*)	0,02	0,075[5]
Най-голям импулс на анодния ток (*а*)	0,12	0,3
Най-голяма честота на захранващото напрежение (*хц*)		—
Най-голямо запиращо напрежение (*в*)	—	—
Най-голямо съпротивление във веригата на първата решетка (*мгом*)	1	0,1 -0,5
Най-голямо отрицателно напрежение на решетката (*в*)	—	—
Работно положение	всякакво	вертикално
Цокъл	283	285

1. Кратковременно.
2. Минус на отоплението, плюс на катода.
3. При 0 напрежение на решетката и 0,1 *мгом* съпротивление във веригата на решетката.
4. Без изводите. Дължина на изводите ≈40 *мм*.
5. В релаксационен режим 2 *ма*.
6. При 0,1 *мгом* съпротивление във веригата на решетката.
7. Първата и втората.
8. Предварителни данни.

Таблица 24

тиратрони (съветски)

ТГ1—0,1/1,3	ТГ3—0,1/1,3*	ТГ1—1/0,8	ТГ1—0,02/0.5	ТГ1—0.5/5	ГР1—0,25/1,5
тиратрон	тиратрон	тиратрон	тиратрон	газотрон	газотрон
релейни и електропреобразователни устройства	релейни и електропреобразователни устройства	релейни и електропреобразователни устройства	релейни и електропреобразователни устройства	изправител	изправител
ксенон криптон	ксенон-криптон	ксенон-криптон	ксенон-криптон	ксенон-криптон	живак
косвено	косвено	косвено	косвено	директно	директно
6,3	6,3	6,3	6,3	2,5	5
5,7	5,7	5,7	5,7	2,4	4,5
6,9	6,9	6,9	6,9	2,7	5,5
0,6	0,6	3	0,15	8,5	3,3
10	—	60	10	60	5[15]
50[2]	100	50[2] 25[13]	50[2]	—	—
25	30	50[2]	30[3]	—	—
11	11[3]	15	16[14]	20	18
650	650	420	500	—	—
1300	1300	800	500	5000	1650
0,1	0,1	1,0	0,02	0,5	0,235
0,5	0,5	6	0,12	1,5	0,8
—	—	—	—	50	50
4,5/7[6]	3,7/7[11,6]	—15[12]	6/8[6]	—	—
10	10[10]	1[11]	10	—	—
100[7]	100[9]	—	—	—	—
всякакво	всякакво	всякакво	всякакво	вертикално	вертикално цокъла от долу
286	287	288	289	290	291

9. Първа, втора, трета.
10. Първа и трета.
11. Втора решетка.
12. Втора решетка при съпротивление в нейната верига 0,1 *мгом*.
13. Плюс на отоплението, минус на катода.
14. При аноден ток 20 *ма*.
15. При едновременно включване напрежението за отоплението и анода $U_{а\ обр} = 600$ *в*. $I_{а\ макс} = 0{,}3$ *а*, $I_{а\ обр} = 0{,}1$ *а*.

Таблица 25

Стабилизатори на напрежение (съветски)

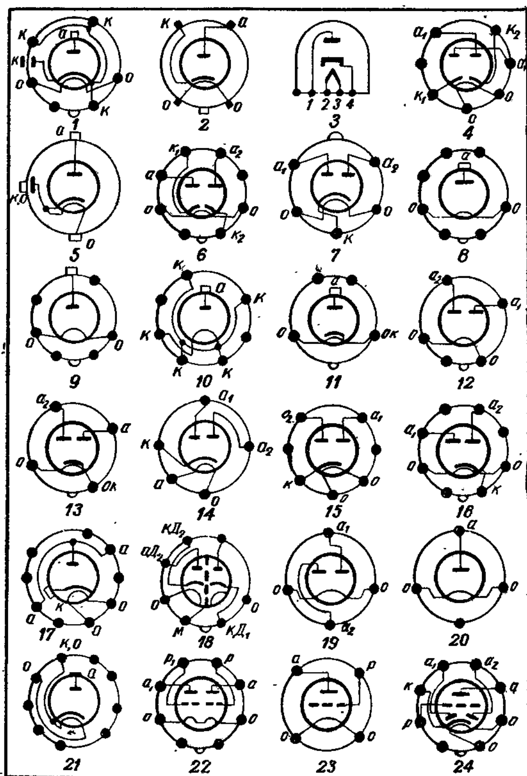
Означение	Запалително напрежение (в)	Стабилизирано напрежение (в)	Ток през стабилизатора (ма)	Максимален диаметър (мм)	Максимална височина (мм)	Цокъл
СГ—1П	180	150 ±2	5÷30	22,5	72	292
СГ—2П	133	108 ±2	5÷30	19	67	292
СГ—2С	105	74,5±2	5÷30	32,3	98	293
СГ -3С	127	108 ±1	5÷30	32,3	98	293
СГ—4С	180	152,5±2	5÷30	32,3	98	293
СГ 5Б	180	150 ±2	5÷10	10,2	36	294

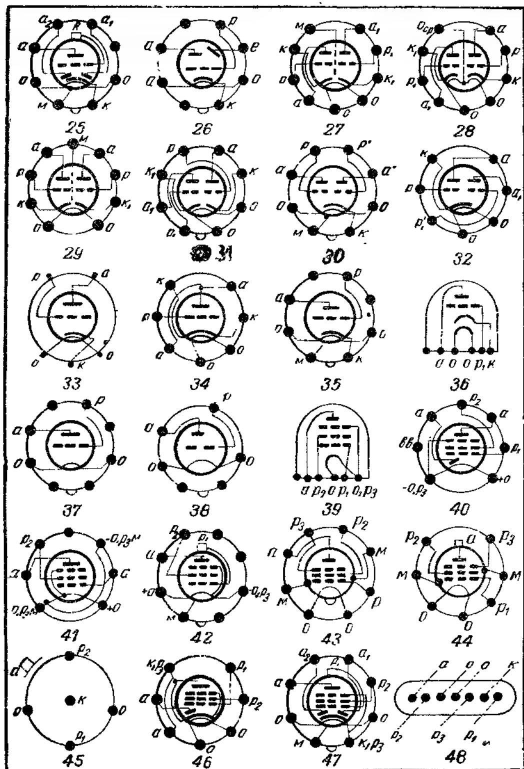
Таблица 26

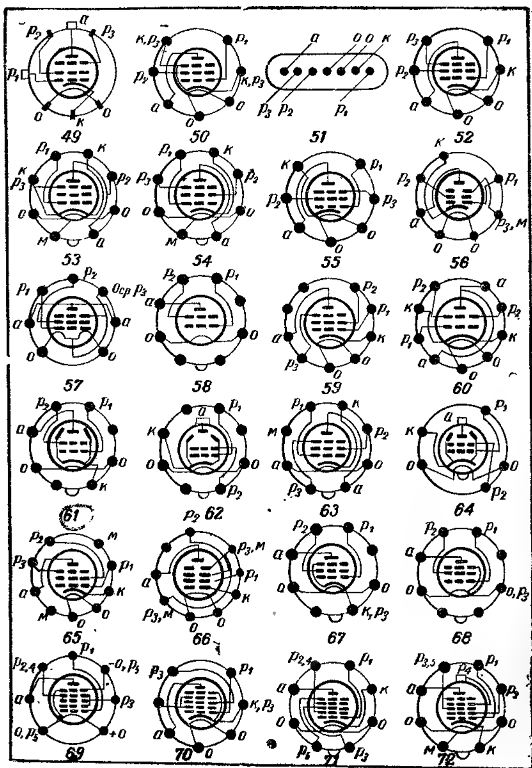
Стабилизатори на ток (съветски)

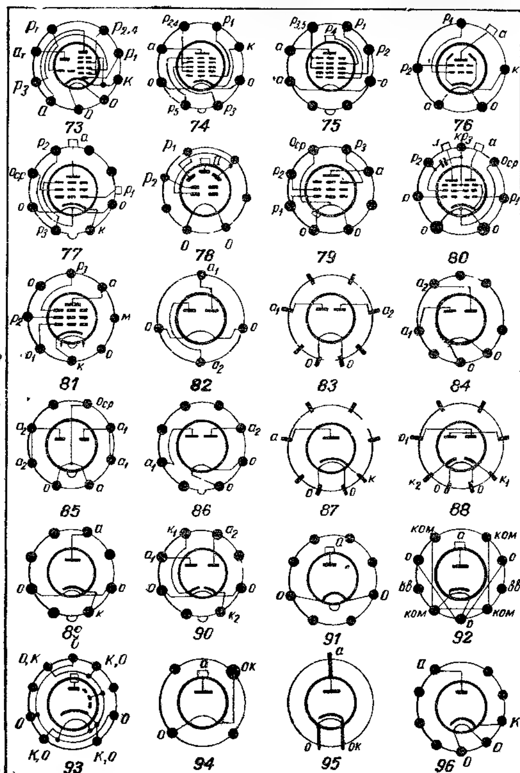
Означение	Стабилизирано напрежение (в)		Стабилизиран ток (а)		Максимален диаметър (мм)	Максимална височина (мм)	Цокъл
	начало	край	начало	край			
1Б5—9	5	9	0,96	1,04	46,5	120	295
1Б10—17	10	17	0,96	1,04	46,5	120	295
0,24Б12—18	12	18	0,248	0,263	31	85	—
0,3Б17—35	17	35	0,275	0,325	43	120	296
0,3Б65—135	65	135	0,275	0,325	43	130	297
0,425Б5,5—12	5,5	12	0,415	0,435	32,5	100	296
0,85Б5,5—12	5,5	12	0,83	0,87	32,5	100	296

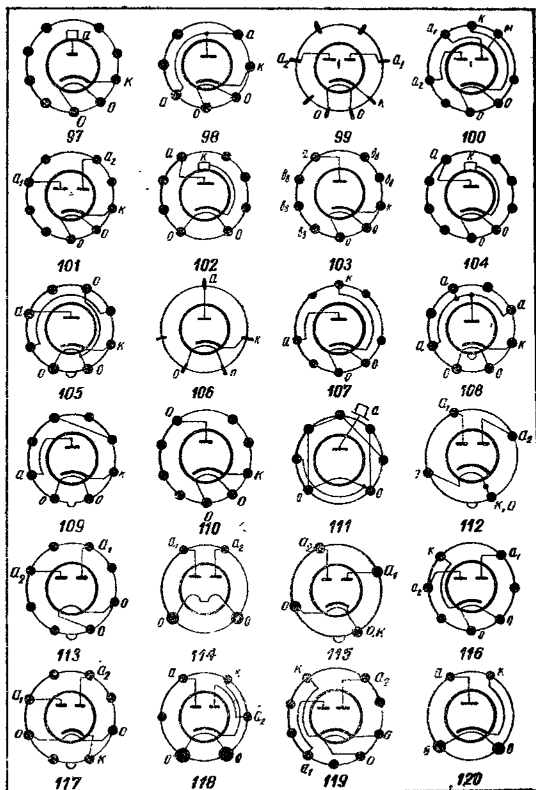
Забележка. Максимално време за установяване на нормален ток — 5 *мин*.

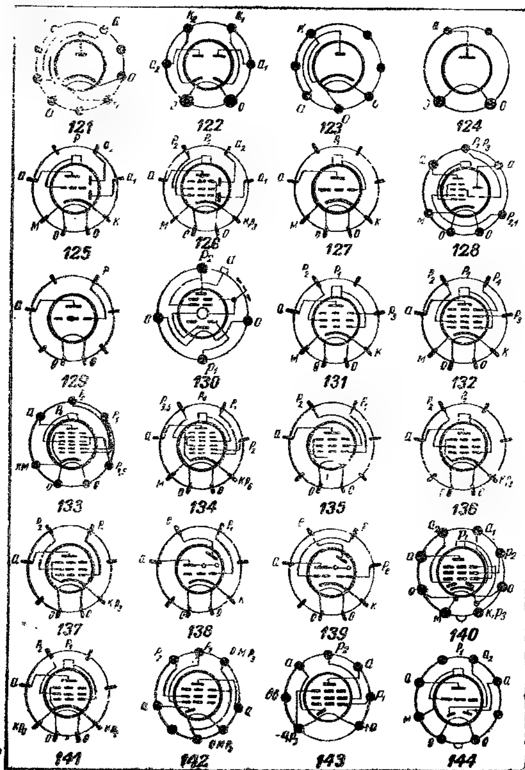

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

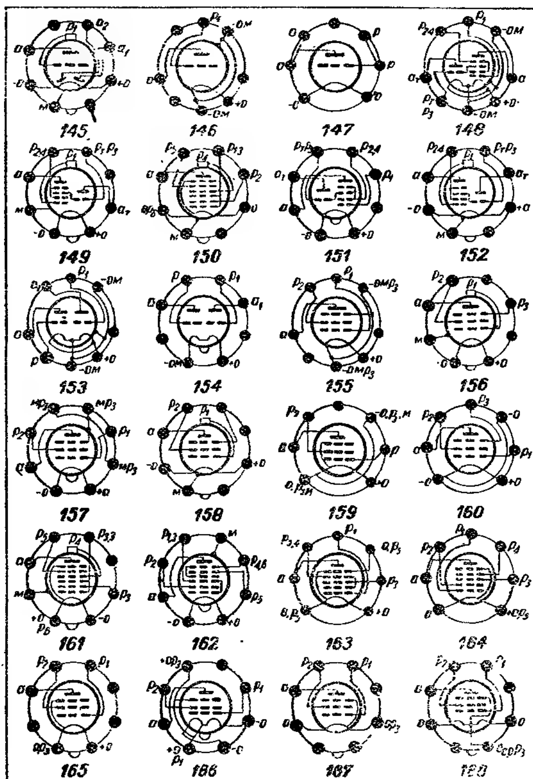

25
26
27
28
29
31
30
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48

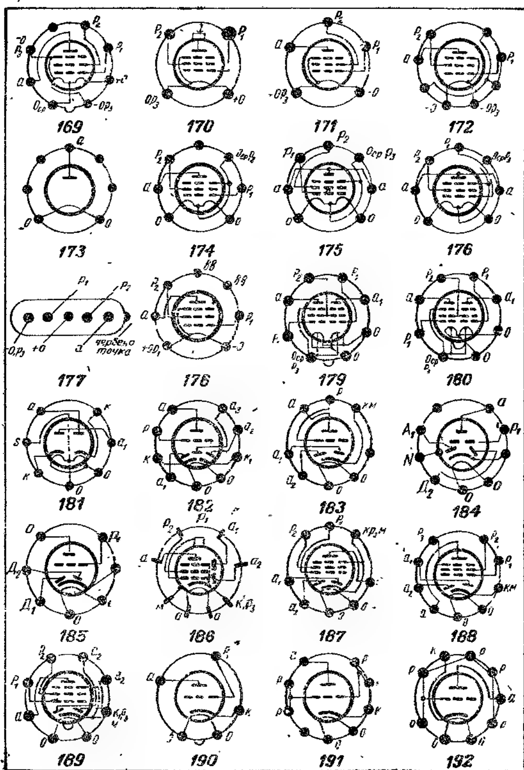


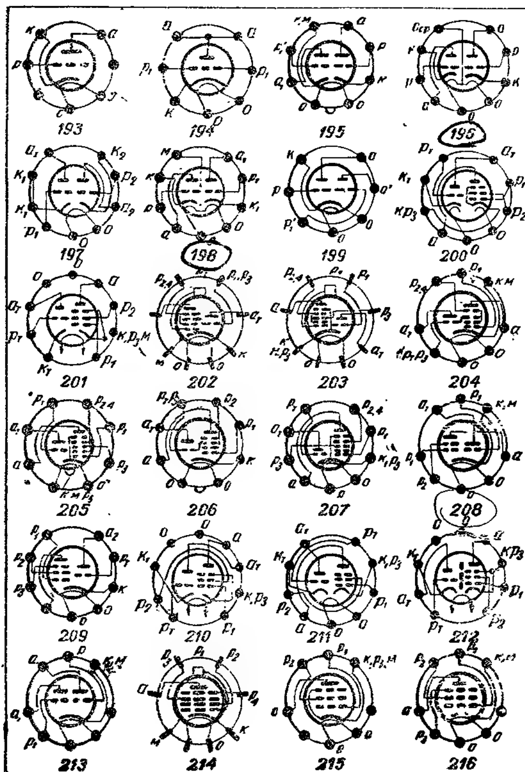

73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96

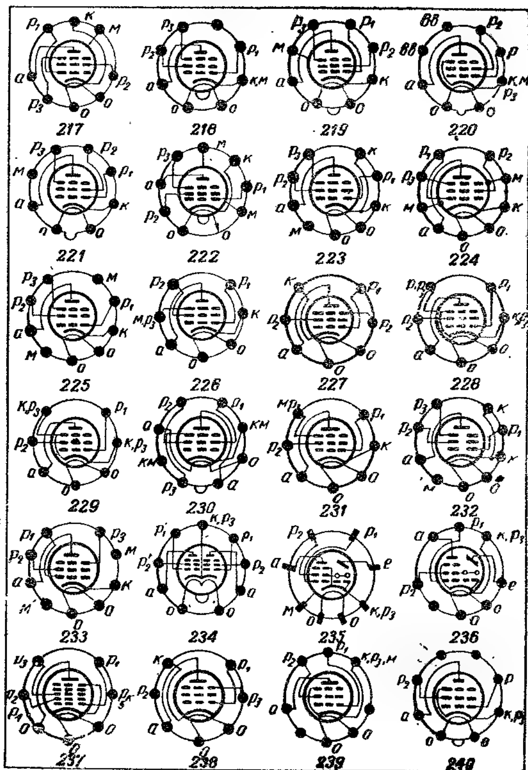

97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120

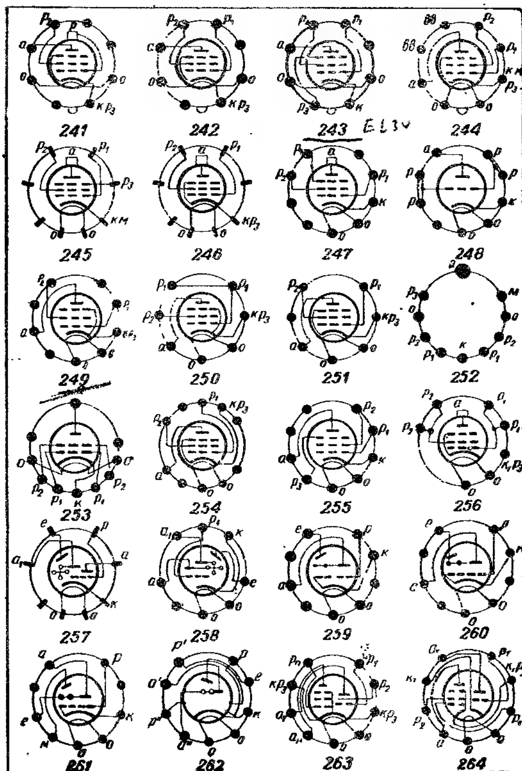

121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144

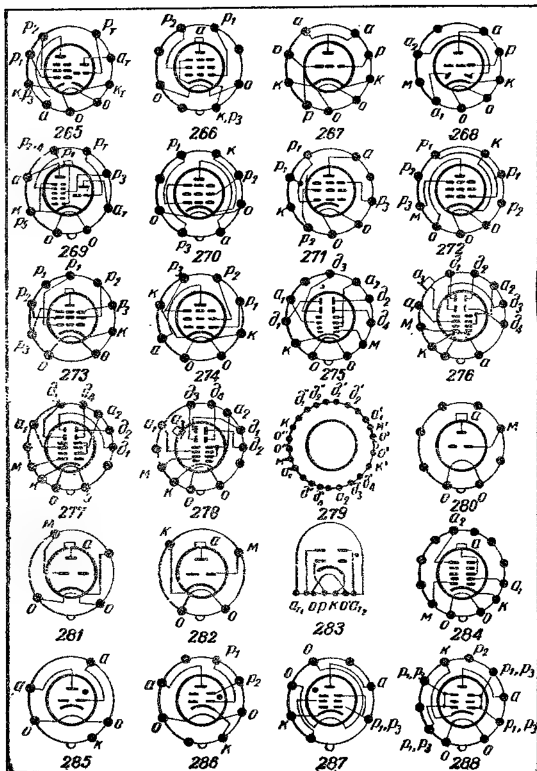

145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167

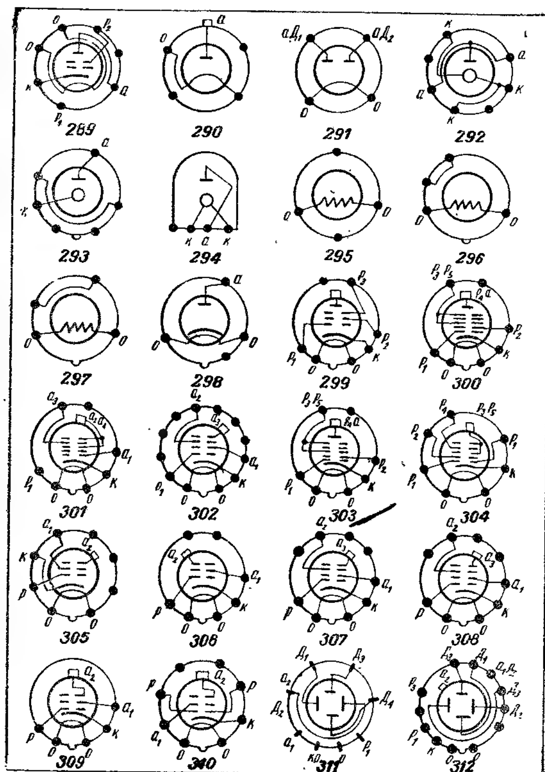

169
170
171
172
173
174
175
176
червено точка
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192

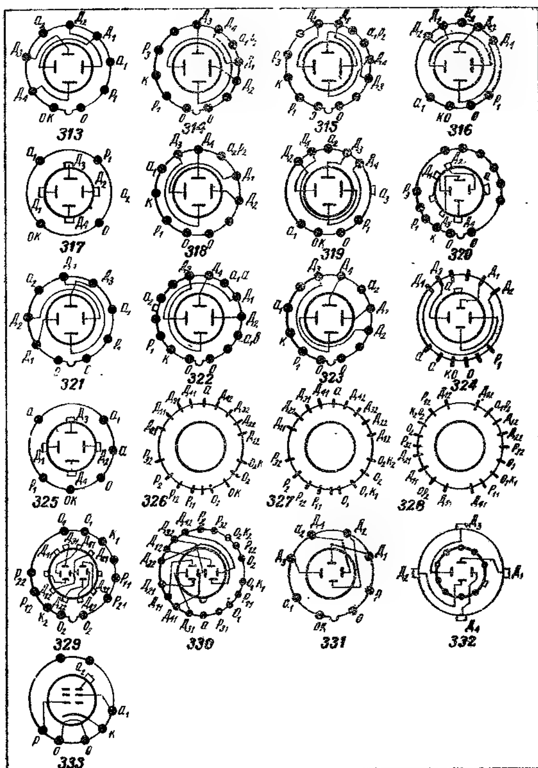

193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216


217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240


241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264


265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288


289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312



Четвърта глава

ТОКОЗАХРАНВАНЕ

1. Галванични елементи и батерии

Галванични елементи. Галваничните елементи се използуват главно за захранване на батерийни приемници, измерителни уреди и др. апаратури, при които е необходимо постоянно напрежение, или пък в места, където няма електрическа мрежа.

Галваничните елементи биват сухи и водоналивни. Те са предназначени за работа при температура от —20° C до +55° C.

В означението за типа буквите означават: С — сух, Е — елемент, Л — Лекланше, ВН — водоналивни.

В условното означение освен типа с цифра се дават началният капацитет на елемента при +20° C в ампер-часове (*ач*) и номерът на стандарта.

Напр. СЕЛ-40 БДС 73—58 — сух елемент Лекланше с начален капацитет 40 *ач*.

Размерите и теглото на елементите са дадени в таблица 27.

Таблица 27

Тип на елемента	Диаметър в *мм*	Дължина в *мм*	Ширина в *мм*	Височина без контакт в *мм*	Височина с контакт в *мм*	Тегло не повече от *кг*
СЕЛ-9	—	42	42	100	—	0,3
СЕЛ-30	—	56	56	130	—	0,7
СЕЛ-40	75	—	—	155	170	1,2
СЕЛ-80	95	—	—	175	195	2,0
ВНЕЛ-18	—	56	56	110	130	0,55
ВНЕЛ-40	75	—	—	155	170	1,0
ВНЕЛ-70	95	—	—	175	195	1,6

Електрическите характеристики на галваничните елементи при температура +20° до +55° C трябва да отговарят на данните, дадени в таблица 28.

Галванични батерии. Батериите са такъв източник на ток, състоящ се от последователно свързани елементи за съвместна работа.

Елементите на батериите се изработват от въгленов или цинков електрод, деполяризатор от манганов двуокис и графит, електролит от амониев, калциев, цинков и др. хлориди в пихтиеобразно състояние.

Основните електрически параметри на елементите или батериите са номиналното напрежение, максималният допустим ток на разреждане и капацитетът.

Таблица 28

Тип на елемента	Начални характеристики			Разреждане			Съхранение
	електродвижеща сила *едс* [*в*]	напрежение [*в*]	капацитет [*ач*]	съпротивление на външната верига [*ом*]	крайно напрежение [*в*]	срок на съхранение [*мес*]	капацитет след съхранение [*ач*]
СЕЛ-9	1,50	1,45	9	10	0,70	6	7
СЕЛ-30	1,50	1,45	29	10	0,70	12	22
СЕЛ-40	1,50	1,45	40	5	0,70	12	38
СЕЛ-80	1,50	1,45	80	5	0,70	12	78
ВНЕЛ-18	1,50	1,45	18	10	0,70	36	18
ВНЕЛ-40	1,50	1,45	40	5	0,70	36	40
ВНЕЛ-70	1,50	1,45	70	5	0,70	36	70

Таблица 29

Размери и тегло на батериите

Вид	Размери в *мм*						Тегло в *кг*	
	дължина		ширина (диаметър)		височина			
БП	61	2	20	2	65	2	125	5
БУ	—		21	1	72	2	45	2
БА	268	15	165	5	79	2	4000	45

Таблица 30

Електрически характеристики на батериите

Тип	Измерване			Разтоварване						
	начално напрежение [*в*]	работно напрежение [*в*]	съпротивление [*ом*]	продължителност за всеки ден (*мин*)	съпротивление [*ом*]	сила на тока [*ма*]	времетраене [*ч*]	време на съхранение [*мес*]	времетраене след съхранение [*ч*]	крайно напрежение [*в*]
Б Пл-4,5	4,5	4,2	15	10	15	—	3,25	4	2,5	2,1
БЦ-3	3,0	2,7	10	10	10	—	1,0	2	0,75	1,4
БАС-120	120,0	112,0	400	240	24000	5	260,0	6	260,0	58,0

Напрежението на въглено-цинковия елемент независимо от неговите размери е около 1,5 *в*.

Максимално допустимият ток на разреждане, ако той не е показан, може да се определи, разделяйки напрежението на елемента на най-малкото товарно съпротивление, дадено в таблицата.

Капацитетът на елемента зависи преди всичко от неговите размери.

При определяне захранването на радиоприемника или на друга апаратура с елементи или батерии трябва да се знаят тяхното напрежение, капацитет, максимално допустим ток на разреждане, срок за съхранение и дата на производството им. Препоръчва се консумираният ток да не бъде повече от 50—60 % от максимално допустимия ток на разреждане. Елементите и батериите трябва да се съхраняват на сухо и проветряващо място.

2. Акумулатори

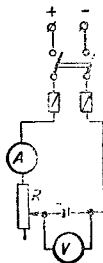
Акумулаторите за захранване на радиоприемници и други апаратури биват: оловни (киселинни), алкални и сребърно-цинкови.

Оловни акумулатори. Те са едни от често употребяваните и се състоят от положителни и отрицателни плочи (електроди). Положителните плочи са от оловен двуокис (PbO_2) и имат кафяв цвят. Отрицателните плочи са от шуплесто олово (Pb) и имат сив цвят. Между плочите обикновено се поставят тънки надупчени плочи от ебонитови и фурнирни листове.

Електролитът на оловните акумулатори представлява разтвор от сярна киселина (H_2SO_4) и дестилирана вода. Гъстотата на електролита при зареден акумулатор трябва да бъде около 28° по Боме или 1,24—1,28, измерена с гъстомер.

Напрежението на зареден акумулатор е 2 *в*. При използването му не трябва да се допуска спадане под 1,8 *в*. Разреден акумулатор трябва не по-късно от 24 часа да бъде отново зареден, в противен случай чувствително се намалява неговият капацитет. При намаляване на електролита акумулаторите се доливат с вода (дестилирана).

Сярната киселина е силно отровна и затова с нея трябва да се работи внимателно. Тя силно разяжда кожата и образува рани. Необходимо е при заливане с сярна киселина веднага да намокрим мястото със сода и промием с течаща вода.



Фиг. 56. Схема на зареждане на акумулатори

Зареждането на акумулаторите се извършва 3÷6 часа след тяхното заливане с електролит. Положителният полюс на акумулаторната батерия се съединява с положителния полюс на източника, а отрицателният — с отрицателния (фиг. 58).

Силата на нормалния зареждащ ток може да се определи по следната формула:

$$I_{зар} = \frac{Q}{k}(a),$$

където

$I_{зар}$ е зареждащият ток;

Q — номиналният капацитет на акумулатора в *ач*;

k – коефициент, равен на 10 за отоплителните и анодните акумулатори и на 16 за стартерни акумулатори.

Пълното зареждане на акумулаторите се определя по следните признаци:
напрежението на отделния акумулаторен елемент достига до 2,7—2,8 *в*;
започва силно газоотделяне — кипене;
положителните плочи стават тъмнокафяви, а отрицателните — светлосиви.

Оловните акумулатори са много чувствителни към недозареждане и презареждане, поради което трябва да се спира своевременно зареждането.

При зареждането се отделят вредни за дишането пари, затова зареждането трябва да става в помещения, в които не се живее. Към зареждащия се акумулатор не трябва да се доближават пламък, горяща цигара и др. Това може да предизвика взрив от отделящите се газове.

Алкални акумулатори. Алкалните акумулатори са механически много по-издръжливи, отколкото оловните. Те понасят непродължителни къси съединения. Зареждането и разреждането може да стават с голям ток, както и да се оставят продължително време в разредено състояние. Обслужването им е по-просто, отколкото на оловните. Произвеждат се главно два вида алкални акумулатори: желязно-никелови и кадмиево-никелови. Двата вида акумулатори си приличат по основните характеристики. Кадмиево-никеловите акумулатори имат 1,5÷2 пъти по-малко вътрешно съпротивление и 2÷3 пъти по-малък саморазряд. При бездействие над два месеца желязно-никеловите акумулатори напълно изгубват заряда си.

За електролит на алкалните акумулатори служи воден разтвор от калиева основа с гъстота 23—25 градуса по Боме (относително тегло 1,19—1,25) или натриева основа с гъстота 21—23 градуса по Боме (относително тегло 1,17—1,19). За един литър разтвор с такава гъстота е необходимо 255—282 *г* калиева основа или 177—201 *г* натриева основа. За увеличаване живота на тези акумулатори се препоръчва да се добавя литиева основа по 20 *г* за разтвор от калиева основа и по 30 *г* за разтвор от натриева основа в 1 литър обем.

Калиезата и натриевата основа силно разяждат човешката кожа, вълнени платове, кожени обувки, повреждат очите, поради което е необходимо много внимателно отнасяне с тях. Поразените от тях части на тялото трябва да се промият веднага с разтвор от борна киселина.

Зареждането на алкалните акумулатори се извършва, както и при оловните акумулатори.

Силата на зареждащия ток се определя по формулата:

$$I_{зар} = \frac{Q}{4} (a).$$

Напрежението на акумулаторите в края на зареждането достига до 1,75—1,8 *в*.

Сребърно-цинкови акумулатори. Тези акумулатори имат големи предимства пред оловните и алкалните акумулатори. Те имат сравнително много по-малки размери, имат голямо преимущество при използуването им в импулсен режим. При капацитет 0,5 *ач* такъв акумулатор може да даде при импулсен режим до 600 *а*. Сребърно-цинковите акумулатори работят нормално при температура —20° до +60°. Те могат да работят и до —59 и +80°.

Отрицателният електрод на тези акумулатори се състои от цинков окис, като всяка пластина е поместена в пакет от вещество, което позволява добро съприкосновение с електролита. Положителният електрод се състои от сребърни плочки. Електролитът им е разтвор от калиева основа.

При зареждане напрежението на сребърно-цинковия акумулатор достига до 2,1 *в*. За 15 *мин* може да се зареди 70—80 % от номиналния капацитет на тези акумулатори. Най-голям коефициент на използуване се получава при зареждане в продължение на 10—20 часа.

3. Токоизправители

Токоизправителите служат за получаване на постоянно напрежение чрез преобразуване на променливото в постоянно пулсиращо напрежение, което се изглажда с филтри.

В изправителите за захранване на приемници и усилватели се използуват лампови, селенови или полупроводникови токоизправители.

Лампите и полупроводниковите диоди, които могат да се използуват за токоизправители, са дадени в таблиците към трета глава.

Селеновите токоизправители се различават по работната си площ. Те се произвеждат с квадратна форма в следните размери: 20×20 *мм*; 25×25 *мм*; 33×33 *мм*, 45×45 *мм*; 60×60 *мм*; 78×78 *мм*; 90×90 *мм*; 100×100 *мм*.

Допустимото натоварване на различните по размери клетки при различните схеми на свързване е дадено в таблица 31.

Таблица 31

Схема на включване	Натоварване при размери на клетките (*a*)							
	20/20	25/25	33/33	45/45	60/60	78/78	90/90	100/100
Еднофазно еднопътно . . .	0,040	0,075	0,150	0,300	0,600	1,200	1,500	2,000
Еднофазно противотактно (със ср. точка)	0,075	0,150	0,300	0,600	1,200	2,400	3,000	4,000
Еднофазно мостово	0,075	0,150	0,300	0,600	1,200	2,400	3,000	4,000
Трифазно еднопътно	0,100	0,200	0,450	0,900	1,800	3,600	4,500	6,000
Трифазно мостово	0,100	0,200	0,450	0,900	1,800	3,600	4,500	6,000
Шестфазно	0,150	0,300	0,600	1,200	2,400	4,800	6,000	8,000

Допустимото променливо напрежение, което може да се приложи на една клетка, и полученото средно постоянно напрежение при номинално натоварване на токоизправителя за всички клетки са показани на таблица 32.

Данните в таблиците 31 и 32 се отнасят за чисто активно натоварване и естествено въздушно охлаждане при околна температура до 25° C.

При по-висока температура на околната среда, над 25° C, стойностите на тока и напрежението се намаляват в зависимост от температурата. Максималната работна температура на клетките не трябва да превишава 70° C.

Класифицирането на селеновите клетки в зависимост от величината на обратния ток е показано в таблица 33.

Данните в таблица 33 се отнасят за температура на измерваната клетка 45° C ±2°.

Клетките от клас 8 се допускат в работа при работно напрежение не повече от 16 *в* (ефективно) на клетка.

Таблица 32

Напрежение	Еднофазно включване			Трифазно включване		
	еднопътно	със средна точка	мостово	еднопътно	със средна точка	мостово
Максимално променливо напрежение (*в*)	18	18	18	18	18	18
Средно постоянно напрежение при активен товар (*в*)	6,5	6,5	12	10	10	19

Таблица 33

Размери на клетката \ Клас на клетката	0	2	4	6	8
	Обратен ток (*ма*)				
20×20	0—0,3	0,3—0,6	0,6—1,2	1,2—2,4	2,4—3,6
25×25	0—0,5	0,5—1	1—2	2—4	4—6
33×33	0—0,75	0,75—1,5	1,5 3	3—6	6—9
45×45	0—1,25	1,25—2,5	2,5—5	5—10	10—15
60×60	0—2,5	2,5—5	5—10	10—20	20—30
78×78	0—4,5	4,5—9	9—18	18—36	36—54
90×90	0—5,5	5,5—11	11—22	22—44	44—66
100×100	0—7	7—14	14—28	28—56	56—86

Забележка. Посочените данни се отнасят за селенови клетки българско производство, които имат малки различия от характеристиките на чуждестранното производство.

4. Изглаждащи филтри

За намаляване пулсациите на изправеното напрежение се употребяват изглаждащи филтри, които се състоят от индуктивност и капацитет или от съпротивление и капацитет.

Филтрите от индуктивност и капацитет се употребяват при изправен ток над 20 *ма*, а филтрите от съпротивление и капацитет — при изправен ток под 20—25 *ма*.

Изчисляването на филтъра се извършва по дадени стойности на изправеното напрежение: тока, коефициента на пулсациите и капацитета на кондензатора във входа на филтъра.

Допустимите стойности за коефициента на пулсациите при изхода на филтъра зависят от характера на товара и варират при различните стъпала в следните граници (%):

първи стъпала на микрофонните усилватели	0,001—0,002
детекторни стъпала, предусилватели на ниска честота	0,01—0,05
високочестотни, междинночестотни и преобразувателни стъпала	0,02—0,1
еднотактни изходни нискочестотни стъпала	0,1—0,5
двутактни изходни нискочестотни стъпала, електронни и газови стабилизатори на напрежение, аноди на електронно лъчеви тръби	0,5—2
намотка на електродинамичен високоговорител	до 20
мощно стъпало на телеграфен радиопредавател	0,5—3,0
мощно стъпало на телефонен радиопредавател	0,05—0,01
мощно стъпало на концертен радиопредавател	0,03—0,06
задаващ генератор на радиопредавател	0,001—0,06

За еднопътен изправител произведението LC се намира от уравнението

$$LC = 10\frac{P_{\text{вх}}(\%)}{P(\%)},$$

където

L е индуктивността на филтъра в *хн*;
C — капацитетът на филтъра в *мкф*;
$P_{\text{вх}}$ — коефициентът на пулсациите на входа на филтъра в %.

За двупътен изправител

$$LC = 2,5\frac{P_{\text{вх}}(\%)}{P(\%)}.$$

Като ни се даде стойността на капацитета на филтъра, можем да определим индуктивността на дросела.

Когато произведението LC е по-голямо от 200, поставя се второ филтриращо звено. В такива случаи за еднопътен изправител $LC = 3,5\frac{P_{\text{вх}}}{\sqrt{P}}$, а за двупътен $LC = 0,8\frac{P_{\text{вх}}}{\sqrt{P}}$.

Определянето на RC за еднопътен изправител се извършва по следния начин:

$$RC = 3000\frac{P_{\text{вх}}}{P} \text{ при едно звено;}$$

$$RC = 1000\frac{P_{\text{вх}}}{\sqrt{P}} \text{ при две звена.}$$

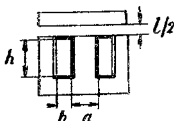
За двупътно изправяне:

$$RC = 1500\frac{P_{\text{вх}}}{P} \text{ при едно звено;}$$

$$RC = 500\frac{P_{\text{вх}}}{\sqrt{P}} \text{ при две звена.}$$

5. Нискочестотен дросел

Нискочестотният дросел в изглаждащите филтри служи за намаляване на пулсациите на изправения ток (фиг. 57). Той се състои от желязна сърцевина и намотка от меден изолиран проводник. В радиоприемниците понякога за дросел се използува намотката на електродинамичния високоговорител.



Фиг. 57. Разрез на нискочестотен дросел

Индуктивността на нискочестотния дросел с желязна сърцевина се определя по следната формула:

$$L = \frac{1{,}26 \cdot \mu \cdot S_{ж} \cdot w^2 \cdot 10^{-8}}{l_c},$$

където

L е индуктивността в *хн*;
μ — магнитната проницаемост на желязото;
$S_{ж}$ — сечението на желязната сърцевина в *см*^{2};
l_c — дължината на магнитния път в *см*.

Ако през бобината не протича постоянен ток, то μ може да се вземе 400. Броят на навивките на дросела се определя по следната формула:

$$w = 450 \sqrt{\frac{L l_c}{S_{ж}}}$$

При протичане на постоянен ток през бобината на дросела индуктивността му малко се намалява.

Сечението на сърцевината на дросела се определя по формулата

$$S_{ж} = \frac{L \cdot I_0^2}{20000 l} \ (см^2).$$

Напречното сечение на намотката се определя от

$$S_{н} = \frac{wd^2}{100} \ (см^2).$$

Диаметърът на проводника се определя от

$$d = 0{,}025 \sqrt{I_0} \ (мм),$$

където I_0 е силата на тока в намотката.

Съпротивлението на намотката на дросела се определя от

$$R_{н} = \frac{0{,}0002 \cdot w \cdot l_{н}}{d^2} \ (ом).$$

При протичане на по-голям постоянен ток през намотката на дросела е необходимо сърцевината на дросела да се прави с въздушна междина. С увеличение на междината се увеличава и индуктивността на дросела. Това разстояние се регулира, като се слагат тънки лентички картон.

Разстоянието на въздушната междина се определя от

$$l_в = \frac{10 l_c + I_o \cdot w}{1000} \cdot (мм),$$

където

$l_в$ е дължината на въздушната междина в *мм*;
l_c — дължината на магнитния път в *см*;
I_o — постоянният подмагнитващ ток в *а*;
w — броят на навивките.

Индуктивността на дросел, на който желязната сърцевина има въздушна междина, се определя от

$$L = \frac{1{,}3 \cdot S \cdot w \cdot 10^{-6}}{\frac{l_c}{\mu} + l_в} (хн),$$

където L е индуктивността на дросела в *хн*;
$S_ж$ — сечението на сърцевината в $см^2$;
l_c — дължината на магнитния път в *см*;
$l_в$ — дължината на въздушната междина в *см*;
μ — магнитната проницаемост на материала.

6. Мрежови трансформатори

Мрежовият трансформатор служи за преобразуване напрежението на електрическата мрежа за променлив ток в по-високи и по-ниски напрежения за захранване на анодните и отоплителните вериги на приемниците. Той се състои от следните основни части: сърцевина, макара, намотка и части за стягане на сърцевината.

Желязната сърцевина се прави от специална ламарина с дебелина 0,3 –0,5 *мм*. Пластините, от които се образува желязната сърцевина, се облепват от едната страна с тънка цигарена хартия или пък се покриват с изолационен лак. Това изолиране намалява загубите от вихрени токове в желязната сърцевина, намалява нагряването на трансформатора при работа и повишава неговия КПД.

Макарата, върху която се навиват намотките на трансформатора, се прави от картон, пертинакс или друга подобна изолационна материя.

Намотката на трансформатора се прави от меден проводник, изолиран с лак, памук или коприна.

При навиването отделните редове от намотката се изолират с пласт хартия. Първичната намотка се изолира от вторичната с електростатичен екран, който в повечето случаи се прави от еднослойна намотка от изолиран проводник с неголям диаметър, като единият от краищата се заземява. Изводите на едната намотка (от тънък проводник) се правят от мек многожилен проводник с добра изолация, а изводите на другата намотка (от дебел проводник) се правят, като се удължават самите краища на проводника.

Изчисляване на маломощен трансформатор:

1. Определя се мощността на трансформатора, като се сумират мощностите на всички вторични намотки при пълен товар. Мощността на намотките се изчислява като произведение от ефективните стойности на напреженията и

токовете. Мощността на намотките, предназначени за изправители, може приблизително да се приеме като мощност на изправения ток:

$$P_{изпр} = U_{изпр} \cdot I_{изпр},$$

където $U_{изпр}$ е изправеното напрежение на входа на филтъра във *в*;
$I_{изпр}$ — пълният изправен ток в *а*.

Пълната мощност на вторичните намотки на трансформатора е:

$$P_{II} = P_{изпр} + P_2 + P_3 + \cdots + P_n$$

Мощността на трансформатора ще бъде: $P_{тр} = \frac{P_{II}}{\eta_{тр}}$,

където $\eta_{тр}$ е КПД на трансформатора, равен за маломощни трансформатори средно на 0,8. Оттук $P_{тр} \approx 1{,}21\, P_{II}$.

Ориентировъчни данни за изчисляване на трансформаторите са дадени в табл. 34.

Таблица 34

Мощност на трансформатора във *вт*	Индукция *B* в *гс*	$\eta_{тр}$	Плътност на тока δ в *а/мм²*
До 10	5—6 . 10³	0,6—0,7	2,5—8
10—30	7 . 10³	0,7—0,8	2,5
30—50	87 . 10³	0,8—0,85	2—2,5
50—100	10⁴	0,85—0,9	2—2,5
Над 100	11 . 10³	0,9	2

2. Определят се конструктивните размери на сърцевината

$$S_ж \cdot S_н = \frac{10^4}{B} \cdot \frac{P_{тр} \cdot (1 + \eta_{тр})}{2 \cdot K_\mu \delta},$$

където $S_ж$ е сечението на желязната сърцевина в *см²*;
$S_н$ — сечението на намотката в *см²*;
B — индукцията в *гс*;
K_μ — коефициентът на запълване прозореца на трансформатора;
δ — плътността на тока в намотките.

Коефициентът на запълване прозореца на трансформатора K_μ е даден в таблица 85.

Таблица 85

Диаметър на проводника в *мм*	Тип на проводника		
	ПЕЛ, ПЕТ	ПЕЛШО, ПШД	ПБД
0,1—0,2	0,1—0,2	—	—
0,2—0,4	0,2—0,3	0,1—0,2	
0,4—0,8	0,3—0,35	0,2—0,3	0,1—0,2
0,8—1,5	0,35—0,45	0,3—0,35	0,2—0,3

3. Изчислява се броят на навивките на всички намотки. Броят на навивките за 1 *в* се определя от равенството

$$N_1 = \frac{60}{yy_1},$$

където y и y_1 са ширината на пластинката и дебелината на сърцевината.

Броят на навивките на която и да е намотка е

$$w_n = U_n \,.\, N_1 .$$

Броят на навивките за отоплението се увеличава с 5 — 10 %.

4. Определя се диаметърът на проводниците на всички намотки. Приемайки плътността на тока в намотките да е $\delta = 2\, a/мм^2$, минимално необходимите диаметри на проводниците за намотките се определят от равенството

$$d_n = 0{,}8 \sqrt{I_n},$$

където I_n е силата на тока през намотката в *а*, а при $\delta = 2{,}5\ a/мм^2$ $d_n = 0{,}7 \sqrt{I_n}$.

Токът в първичната намотка може да се определи приблизително от равенството

$$I_1 = 1{,}1 \frac{P_{тр}}{U_1}.$$

5. Проверява се поместването на намотките.

Броят на навивките в един слой на намотката е

$$w_{сл} = \frac{h - 2\,(b_{мак} + 2)}{\alpha \,.\, d_{из}},$$

където h е височината на прозореца в *мм*;

$b_{мак}$ — дебелината на материала на макарата в *мм*;

$d_{из}$ — диаметърът на проводника с изолацията в *мм*;

α — коефициентът на неплътност.

Таблица 36

Значения на коефициента на неплътност

Диаметър на проводника без изолация в *мм*	α
0,08—0,11	1,3
0,15—0,25	1,25
0,35—0,41	1,2
0,51—0,93	1,1
Повече от 1,0	1,05

Брой на слоевете: $n_{сл} = \frac{w}{w_{сл}}$, $w_{сл}$ брой на навивките в един слой.

Дебелина на намотката $b = n_{сл}\,(d_{из} + b_{из})$,

където $b_{из}$ е дебелината на изолацията между слоевете.

По такъв начин се изчислява дебелината на всички намотки. Трябва да се изпълни условието

$$h \geq b_{мак} + (b_1 + b_2 + \cdots + b_n) + b_{сл},$$

където b_1, b_2 . . . b_n е дебелината на всяка намотка;

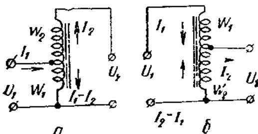
$b_{сл}$ — сумарната дебелина на всичките изолационни слоеве между редовете в намотките.

Ако това условие не се изпълни, следва да се увеличат размерите на сърцевината и се направи изчисление на трансформатора отначало.

7. Автотрансформатори

Автотрансформаторът има само една намотка с един или повече междинни извода (фиг. 58).

Използувайки автотрансформатор вместо трансформатор, може да се намалят разходите от проводник, тъй като в общата част на намотката протича разликата от токовете $I = I_2 - I_1$ (понижаващ трансформатор) или $I = I_1 - I_2$ (повишаващ трансформатор). Автотрансформаторът има преимущество по отношение на разхода на проводник само при неголеми коефициенти на трансформиране.



Фиг. 58. Схеми на автотрансформатори

а — повишаващ автотрансформатор;
б — понижаващ автотрансформатор;

Намотката на автотрансформатор, предназначен за включване в мрежа за променлив ток, не трябва да се заземява.

Мощността на автотрансформатора се състои от две съставки:

Трансформаторна мощност, т. е. мощността, предавана във вторичната верига по трансформаторен път за сметка на магнитната връзка между веригите:

$$P_{тр} = U_2 I,$$

където $I = I_1 - I_2$ — за повишаващ трансформатор, и $I = I_2 - I_1$ — за понижаващ трансформатор.

Проходяща мощност, предавана във вторичната верига по електрически път за сметка на съществуващата електрическа връзка между намотките:

$$P_{пр} = U_2 I_1$$

Изчисляването на автотрансформатор се извършва подобно на изчислението на мрежови трансформатор. Разликата се състои в следното:

сърцевината на автотрансформатора се изчислява за стойността на трансформаторната мощност:

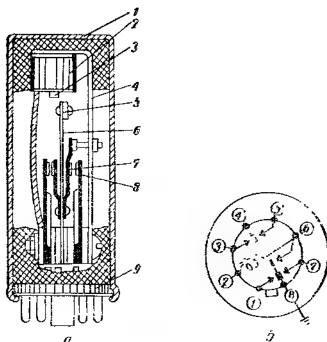
$$P_{тр} = 1{,}1 \,.\, P_{атр} \frac{n-1}{n},$$

където $P_{атр}$ е мощността на автотрансформатора;

n — коефициентът на трансформирането (взема се максимален, когато автотрансформаторът е многостепенен).

8. Вибропреобразователи

Вибропреобразователите служат за преобразуване на ниското напрежение на постоянния ток (6—12 *в*) в по-високо постоянно напрежение. Те се използуват за захранване на подвижни апаратури, като автомобилни радиоприемници и маломощни радиоапаратури, където няма променлив ток, а се захранват от акумулатори. Коефициентът на полезното действие (КПД) на вибропреобразователите е от 45 до 80%. С повишаване на мощността КПД нараства.



Фиг. 59. Конструкция и цокъл на вибропреобразовател

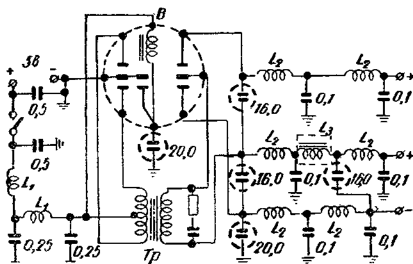
Животът на вибропреобразователите при правилна експлоатация достига от 2000 до 3000 часа. Износва се само вибраторът, който обикновено не се ремонтира, а се заменя с нов.

Вибраторите биват два типа: асинхронни и синхронни. Асинхронните вибратори проозвеждат променливо напрежение, което се дава на вторичната намотка на трансформатора на вибропреобразователя, затова при използуването им се изисква отделен трансформатор и токоизправител. Синхронните вибратори могат да се използуват в синхронните и асинхронните вибропреобразователи.

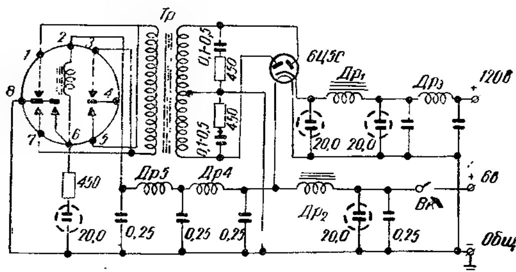
Най-често срещана конструкция на вибратор е показана на фиг. 59. Вибраторът има две системи контакти: неподвижни *8*, закрепени на твърди плоски пружини, и подвижни *7*, закрепени към трептящата котва.

Най-голямо приложение са намерили синхронните вибропреобразователи.

На фиг. 60 е показана типична схема на синхронен вибропреобразовател. Във вторичната верига е употребен удвоител на напрежението на два електролитни кондензатора. Трансформаторът е направен от пластинки Ш-19 и напречно сечение на сърцевината 3,5 *см*². Първичната намотка има две секции, всяка по 51 навивки от проводник ПЕЛ-1,35, а вторичната — 1420 навивки от ПЕЛ-0,35.



Фиг. 60. Схема на синхронен вибропреобразовател



Фиг. 61. Схема на асинхронен преобразовател

Дроселът L_2 има сърцевина Ш 16×16 и намотка с 5000 навивки от проводник ПЕЛ-0,14.

Бобината L_1, навита на тяло с диаметър 16 *мм*, има 30 навивки от проводник ПЕЛ-1,35.

Бобината L_2, навита на тяло с диаметър 10 *мм*, има 175 навивки от проводник ПЕЛ·0,2.

Асинхронните вибропреобразователи имат следните преимущества пред синхронните: по-прости схема и вибратор; по-ниско ниво на шумове; възможност за получаване на изхода изправени напрежения до 300 *в* и повече, без удвоение; възможност за увеличаване мощността на преобразователя при използуване на синхронен вибратор за сметка на паралелно включените контакти.

Асинхронните вибропреобразователи имат следните недостатъци: използуване на кенотрон или твърд изправител; по-нисък КПД; голяма зависимост на изправеното напрежение от товара.

На фиг. 61 е показана схема на асинхронен вибропреобразовател. В схемата се използува типов синхронен вибратор. Това дава възможност да се опрости първичната намотка на трансформатора.

9. Стабилизатори

За стабилизиране на напрежението се използуват: ферорезонансни, газови и електронни стабилизатори.

Ферорезонансни стабилизатори на напрежение. Ферорезонансните стабилизатори на напрежение използуват резонансните явления във веригите, имащи железни сърцевини. Проста схема на ферорезонансен стабилизатор с последователно включен кондензатор е показана на фиг. 62а. Такива стабилизатори се използуват обикновено до 60 *вт* и осигуряват на изхода достатъчно стабилно напрежение. При по-големи мощности се използуват по-сложни схеми на ферорезонансни стабилизатори.

На фиг. 62б е показана схема на ферорезонансен стабилизатор с номинална мощност 320 *вт*. При изменение напрежението на мрежата до $\pm 20\%$ на изхода на този стабилизатор се получава $\pm 2\%$ изменение от номиналното напрежение. Коефициентът на полезното действие е равен на 75—80%. Този стабилизатор има следните данни на отделните елементи:

Сърцевината на трансформатора е от пластини Ш 32, дебелина 50 *мм* и разширен прозорец.

Сърцевината на дросела е от пластини Ш 32 с дебелина 32 *мм* и междина между пластините 1,5 *мм*.

Първичната намотка на автотрансформатора е навита от проводник ПЕЛ-1 с дебелина 1,5 *мм* и 420 навивки с отводи на 195, 200, 215, 220, 345, 350, 355, 360, 365, 375 и 380-та навивка.

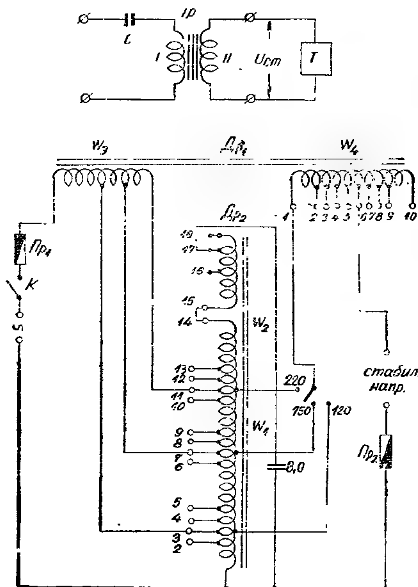
Вторичната намотка е от проводник ПЕЛ-1 с диаметър 1,0 *мм* и 500 навивки с отводи от 520, 540, 560-та навивка. Първата и втората намотка се съединяват последователно и са навити от проводник ПЕЛ-1 с диаметър 1,5 *мм* по 266 навивки.

Третата намотка има 500 навивки от проводник ПЕЛ-1 с диаметър 1,5 *мм* и отводи от 15, 18, 21, 24, 27, 30, 35, 40-та навивка.

Между намотките се поставят два слоя хартия с 0,12 0,15 *мм* дебелина, а между редовете един слой хартия с 0,05 *мм* дебелина.

Газови стабилизатори на напрежение. Газовите стабилизатори на напрежение се използуват за стабилизиране анодното напрежение на хетеродинните, екранните напрежения на радиолампите, в измерителни апаратури и др. Те са прости по устройство, но не всякога осигуряват достатъчно стабилизиране на напрежението, не допускат големи изменения на входящото напрежение и не могат да се използуват при големи токове на товара.

За газови стабилизатори могат да се използуват неонови лампи, но много по-добре е да се използуват специални лампи стабиловолти, като СГ2С, СГ3С, СГ4С, СГ1П, СГ2П.



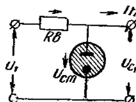
Фиг. 62. Ферорезонансен стабилизатор
горе — с последователно включен кондензатор
долу — за 320 *вт*

Начинът на включване на газов стабилизатор на напрежение е показан на фиг. 63. Последователно със стабиловолта се включва баластно съпротивление.

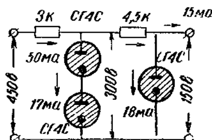
Когато трябва да се стабилизира по-високо напрежение, включват се последователно няколко стабиловолта, изчислени за еднакъв ток. За увеличаване

коефициента на стабилизирането се включват няколко звена от стабиловолти. На фиг. 64 е показана такава схема.

Колкото е по-малък токът на товара $I_т$ и колкото е по-голямо напрежението на входа на стабилизатора U_1, толкова е по-добро стабилизиращото действие на схемата.



Фиг. 63. Схема на включване на газов стабилизатор



Фиг. 64. Схема на последователно включени звена на газов стабилизатор

Изчисляване на газов стабилизатор

При дадено стабилизирано напрежение $U_{ст}$, ток на товара $I_т$ и процентно изменение на входното напрежение $\alpha\%$ определяме: $R_б$ — баластното съпротивление, и U_1 — номиналната стойност на входното напрежение.

$$R_б = \frac{0{,}02\,.\,\alpha\,.\,U_{ст}}{(I_{ст\,макс}-I_{ст\,мин})-0{,}1\,.\,\alpha\,(I_{ст\,макс}+I_{ст\,мин})-0{,}02\,.\,\alpha\,.\,I_т};$$

$$U_1 = U_{ст} + [I_т + 0{,}5\,(I_{ст\,макс} + I_{ст\,мин})]\,.\,R_б,$$

където $I_{ст\,макс}$ и $I_{ст\,мин}$ са максималната и минималната стойност на тока през стабиливолта.

При дадени $U_{1\,макс}$ и $U_{1\,мин}$ $R_б = \dfrac{U_1 - U_{ст}}{0{,}5\,(I_{ст\,макс} + I_{ст\,мин}) + I_т}$

където $U_1 = 0{,}5\,(U_{1\,макс} + U_{1\,мин})$.

Коефициентът на стабилизиране k показва колко пъти процентното изменение на изходното напрежение е по-малко от процентното изменение на входното напрежение (напрежението от мрежата):

$$k = \frac{U_{ст}}{U_1}\cdot\frac{R_б}{R_д},$$

където $R_д$ е динамичното съпротивление на стабиливолта:

$$R_д = \frac{U_{ст\,макс} - U_{ст\,мин}}{I_{ст\,макс} - I_{ст\,мин}}$$

Електронни стабилизатори на напрежение. Електронните стабилизатори на напрежението са най-съвършените. Те се използуват както в промишлени, така и в лаборатории устройства. Коефициентът на стабилизиране е много по-висок, отколкото в другите видове стабилизатори.

Изходното съпротивление на електронните стабилизатори играе ролята на съпротивление на токоизточника и е твърде малко за всички честоти, включително и за постоянния ток. Това намалява опасността от самовъзбуждане на многостъпалните схеми вследствие на обратната връзка чрез токоизточника.

а) без компенсация б) с компенсация

в) с двустъпален усилвател

Фиг. 65. Схеми на електронни стабилизатори

На фиг. 65 а е показана схема на електронен стабилизатор на напрежение: $Л_1$ — регулираща лампа; $Л_2$ — усилвател на постоянен ток, служещ за източник на опорно напрежение и делител на напрежение.

През регулируемата лампа протича целият ток на стабилизатора, който се състои от тока на товара и тока през газовия стабилизатор $Л_3$.

Мощността на анода на регулиращата лампа не трябва да превишава допустимата за дадена лампа величина.

Като регулиращи лампи обикновено се употребяват мощни триоди — 2С4С, 6С4С, 6П5С или тетроди и пентоди, съединени като триод — 6П6С, 6П3С, Г-807, 6П7С, Г-411, ГУ-50. Вътрешното съпротивление на регулиращата лампа трябва да бъде минимално, а стръмността максимална.

Често за намаляване разсейваната мощност на анода на регулируемата лампа същата се шунтира със съпротивление, през което протича от 20 до 30 % от общия ток на стабилизатора. Като усилвателни лампи се избират

триоди с голямо усилване — 6С2С, 6Г2, 6Н9С, 6Н2П, или пентоди — 6Ж7, 6Ж8, 6Ж1П. Анодният товар на усилвателната лампа трябва да бъде от 2 до 5 пъти по-голям от вътрешното съпротивление на лампата. Минималният ток да не бъде по-малък от 10—20 *мка*, а отрицателното напрежение на решетката не по-малко от 0,5—1 *в*.

Отоплението на усилвателната и регулиращата лампа трябва да бъде от различни намотки.

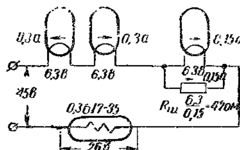
Токът през газовия стабилизатор е около 10—12 *ма*, а през делителя на напрежение 1—2 *ма*.

На фиг. 65 *б* е показана схема на електронен стабилизатор с управление както на входа, така и на изхода. Чрез потенциометъра може да се подбере най-добрата стабилизация.

На фиг. 65 *в* е показана схемата на стабилизатор с двустъпален усилвател на постоянен ток и връзка чрез потенциометър. Коефициентът на стабилизиране е няколко стотни, а изходното съпротивление — няколко *ома*.

Стабилизиране отоплителния ток на лампите. Стабилизиране на отоплителния ток се употребява във високостабилни хетеродини и в измерителни апаратури.

Бареторът може да стабилизира само ток, за който е предвиден. Когато трябва да се стабилизира по-голям ток, отколкото е работният ток на баретора, могат да се включат няколко баретора паралелно. При намаляване броя на последователно включените с баретора лампи се разширяват границите на стабилизиране. На фиг. 66 е показана схема за включване на баретор.



Фиг. 66. Схема за включване на баретор

При известна непостоянност на напрежението на входа на веригата, изразено в проценти от номиналното напрежение на U, може да се определи максимално допустимото напрежение на товара за даден тип баретор:

$$U_т = \frac{\Delta U_б}{n} \cdot 100 - U_{б\,ср},$$

където $U_{б\,ср}$ е средното напрежение на баретора; $\Delta U_б = 0{,}5\,(U_{б\,макс} - U_{б\,мин})$. Тук $U_{б\,макс}$ и $U_{б\,мин}$ са максималното и минималното напрежение на баретора в границите на стабилизирането.

При неизменна стойност на товарното съпротивление стабилизирането на протичащия през него ток означава стабилизиране на напрежението в краищата на баретора. Затова бареторите могат да се използват като стабилизатори на напрежение, ако товарът бъде постоянно съпротивление.

След включване на баретора са необходими 5—10 *мин* за установяване на постоянен режим за работа на бареторите.

Пета глава

ЕЛЕКТРОАКУСТИКА

1. Акустика

а. Звук

Периодичните механически трептения, предизвикващи физиологично звуково възприятие, се наричат ***звукови трептения*** или ***звук***. Ако тези трептения имат непериодичен характер, те се възприемат като *шум*.

Звукът се разпространява чрез надлъжни трептения на околната среда, образуващи звукови вълни. Скоростта на разпространението на звуковите вълни във въздуха е 340 *м/сек*, а за различни други среди тя се движи в границите от 50 до 5000 *м/сек*. Тази скорост не зависи от честотата на звуковите трептения.

Звуковите трептения могат да предизвикат звуково възприятие, ако имат честота от 20 *хц* до 20 *кхц*. Честотите под 20 *хц* се наричат *инфразвук*, а над 30 *кхц* — *ултразвук*.

Налягането, което звукът упражнява върху известна повърхност, се нарича звуково налягане. Основна единица за измерването му е бар. Един бар е равен на налягането върху повърхността от 1 *см*² със сила 1 *дина*:

$$1\ бар = \frac{1\ дн}{1\ см^2}$$

Един бар е приблизително звуковото налягане, предизвикано от нормален човешки говор.

Енергията, която се пренася от звуковите вълни за единица време през повърхност, перпендикулярна на вълните, се нарича звукова мощност. Мощността, отнесена към единица повърхност, се нарича сила на звука. Онази минимална сила на звука, при която престава да се получава звуково възприятие, е долен праг на чуваемостта. Горен праг на чуваемостта е силата на звука, която предизвиква болезнено усещане. Долният праг се получава при звуково налягане от 0,0002 *бар*, а горният — от 2000 *бар*. В акустиката е прието акустичните единици да се изразяват чрез ***децибели*** (***дб***), т. е. чрез отношението на съответната величина спрямо така наречения нулев уровен на тази величина.[1] За нулев уровен на силата на звука е приет долният праг

[1] Единицата децибел се използува и за сравняване на електрически мощности, напрежения и токове. Отношението на две електрически мощности в децибели се дава с израза

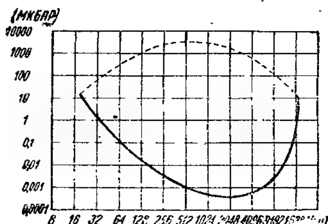
$$N_P = 10 \lg \frac{P_1}{P_2}\ (дб).$$

на чуваемостта. Тогава областта между долния праг (0 *дб*) и горния праг (140 *дб*) може да бъде изразена чрез много по-удобни величини за сравнение, отколкото ако се изрази чрез съответните абсолютни величини. В табл. 37 са

Таблица 37

Звуков източник	Звуково налягане	
	бар	*дб*
Горен праг на чуваемост	2000	140
Самолет отблизо	200	120
Влак	20	100
Вик отблизо	2	90
Разговор	0,2	60
Шепнене	0,002	20
Долен праг на чуваемост	0,0002	0

дадени няколко по-характерни звукови източници и предизвиканото от тях звуково налягане, изразено в *бар* и в *дб*. Най-малкото изменение на силата на звука, което е все още доловимо от човешкото ухо, отговаря на около 1 *дб*



Фиг. 67. Чувствителност на човешкото ухо при различни честоти

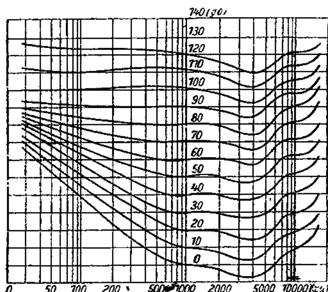
Силата на звуковото възприятие, предизвикано у даден слушател с нормален слух, се нарича специфична сила на звука (гръмкост). За разлика от силата на звука гръмкостта зависи от честотата (фиг. 67). Графиката показва;

а отношението на две напрежения или токове — с изразите

$$N_u = 20 \lg \frac{U_1}{U_2} \ (дб)$$

$$N_I = 20 \lg \frac{I_1}{I_2} \ (дб).$$

че човешкото ухо има най-висока чувствителност в честотната област от 1000 до 4000 *хц*. Тази зависимост е различна за различни нива на гръмкостта. Така от фиг. 68 се вижда, че за нулевото ниво (долния праг — 0 *дб*) разликата в гръмкостта при 50 *хц* и при 1000 *хц* е около 50 *дб*, докато за нивото 60 *дб* тази разлика е само 20 *дб*. Честотната зависимост на гръмкостта има твърде субективен характер и се изменя с изменението на възрастта на слушателя. Кривите на фиг. 68 показват, че чувствителността на човешкото ухо



Фиг. 68. Зависимост на гръмкостта от честотата (криви на еднаква гръмкост)

към ниските и високите тонове намалява с понижаване нивото на гръмкостта. Това обяснява използуването на тонкомпенсираното регулиране на усилването в радиоприемниците, при което субективното слухово възприятие за различните честоти се доближава до кривите на еднаква гръмкост, показани на фиг. 68.

Чисти и сложни звукове. Всички дадени по-горе определения са в сила за чистите звукове — тонове, имащи синусондална форма на трептене. Тонът е термин, употребяван в музиката, който отговаря на синусоидално звуково трептене с точно определена честота. Нормално музикалният тон не е чист звук, а съдържа повече или по-малко хармонични обертонове, чиито брой и амплитуди определят характера на звука, неговия тембър.

На табл. 38 са дадени честотните обхвати (заедно с обертоновете) на различните музикални инструменти и човешки гласове.

Височината на музикалния тон се определя от височината на основния тон, който е най-ниският тон, произведен от източника. Обертоновете са хармонични, чиято честота е кратна с цяло число на честотата на основния тон. Музикалният тон, съдържащ освен основния още и известен брой обертонове, представлява сложен звук. Когато хармоничните не се намират в прости кратни съотношения с основния тон и менят честотите и амплитудите си, звукът загубва характера си на музикален тон и се нарича шум. Трептенията, създадени от шума, имат непериодичен характер.

Таблица 38

Музикален инструмент	Честотен обхват ($xц$)
Барабан	80— 4000
Ударни инструменти (разни)	90—13000
Цимбал	400—12000
Контрабас	50— 8000
Виолончело	80—12000
Роял	30— 8000
Цигулка	200—13000
Тромбон	100— 7000
Фагот	70—10000
Кларнет	140—11000
Обой	230—13000
Флейта	240—13000
Орган	16— 8000
Мъжки глас	100— 8000
Женски глас	200—10000

Разбираемост на говора. Човешкият говор представлява сложен комплекс от периодични и непериодични трептения. Тъй като първите преобладават, може да се каже, че говорът има характер повече на музикален тон, отколкото на шум.

Честотният спектър на човешкия говор се простира в границите от 80 до 10 000 *хц* (заедно с обертоновете). За да бъде разбираем говорът при възпроизвеждането му от различните електроакустични прибори, не е необходимо да се предадат всички честоти от този широк спектър. Честотите под 300 *хц* и над 5000 *хц* много малко допринасят за разбираемостта на говора.

Верността на възпроизвеждането както на говора, така и на музиката изисква запазването на тембъра, т. е. предаването на всички хармонични и основни тонове в целия честотен спектър на оригиналното изпълнение. За да бъде говорът разбираем, достатъчно е да се предадат честотите от 300 до 5000 *хц*, при което както обертоновете, така и някои основни тонове могат да бъдат изрязани.

Изкривявания на звука. Изкривяванията могат да бъдат честотни, нелинейни и фазови. Честотните изкривявания, за които споменахме и по-горе, се дължат на неравномерното възпроизвеждане на оригиналния честотен спектър, дължащо се на затихвания в някои честотни области. Тези затихвания могат да се получат в усилвателните стъпала, в електроакустичните преобразователи и дори в човешкото ухо. За коригиране на този вид изкривявания се правят честотни компенсации.

Към честотните изкривявания могат да се причислят и т. нар. шумови изкривявания, дължащи се на наслагването на шум върху полезния сигнал. Източник на такова смущение може да бъде както собственият шум на усилвателя, така и шумът, получен в звуконосителя, микрофона и т. н.

В резултат на честотните изкривявания се изменя тембърът и се намалява разбираемостта на говора. При музикалните изпълнения честотните изкри-

вявания предизвикват загубата на „цвета" на музиката — обертоиовете, характеризиращи особеиостите на звученето на всеки иниструмент, с което се понижава верността иа възпроизвеждането. Верността на възпроизвеждане е качество, на което напоследък се държи особено много. Строят се специални усилватели с висока вярност на възпроизвеждане (*Hi-Fi*), при които предаваният честотен спектър се разширява в областта над звуковите честоти — до 20, 30, дори 50 *кхц*, въпреки че тези честоти са извън чуваемия обхват. За възпроизвеждането на тези честоти са конструирани специални високоговорители. С това се постига оригинално звучене и на онези музикални инструменти, които съдържат много и с големи амплитуди висши хармоничии.

Не по-малко значение за разбираемостта и верността имат и нелинейните изкривявания. Те се дължат на наличието на нелинейни елементи в усилвателните стъпала или в звуконосителя, които изменят формата иа звуковите трептения и увеличават броя и амплитудите иа съдържащите се в тях обертонове. Човешкото ухо също притежава известна нелинейност и предизвиква изкривяване, особено при голяма сила иа звука.

Нелинейните изкривявания се проявяват най-силно при средиите звукови честоти, а най-слабо при ниските, което се дължи на нееднаквата чувствителност на ухото към изкривяванията при различни честоти.

Особен вид нелинейни изкривявания са интермодулационните изкривявания. Те се дължат на взаимната модулация между основни и обертонове, имащи голяма разлика в честотите. В резултат се получават много нови комбинационни тонове, които не се съдържат в оригиналния честотен спектър и намаляват верността на възпроизвеждането. Тъй като такова наслагване не би могло да се получи без наличието на нелинеен елемент, тези изкривявания имат напълно характера на нелинейни изкривявания. Те са толкова по-силно проявени, колкото разликата във височините на основните тонове е по-голяма. Поради това особено ефикасна мярка за намаляването им е използването на усилватели, в които усилването на различните честотни области се прави в отделни канали (многоканални усилватели).

В някои случаи формата на звуковото трептене може да се измени, без да се менят броят и амплитудите на обертоновете, а само като се променят техните фази. Получените при това фазови изкривявания могат да повлияят върху слуховото възприятие само при голяма сила на звука.

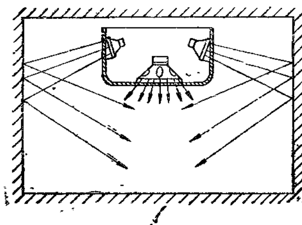
Фазовите изкривявания се получават най-често поради съществуването на честотнозависими елементи в усилвателя (кондензатори, индуктивности) и се чувствуват особено силно при бързи и внезапни изменения на усилвания сигнал.

6. Пространствено и стереофонично възпроизвеждане

Качеството на звуковъзпроизвеждането напоследък стана един от основните показатели на всяка радиоприемна или усилвателна апаратура. За постигане на естествено звучене от високоговорителя не е достатъчно само постигането на акустическа вярност между възприетата и възпроизведената звукова картина. Тази вярност, както видяхме, може да се получи при възможно най-широка честотна лента на усилвателя и електроакустичните преобразуватели и при най-малко нелинейни и фазови изкривявания. При все това получената звукова картина е „плоска", еднопосочна и не може да създаде илюзията, че се намираме пред самия оркестър. Освен това високите честоти имат по-остро насочена диаграма на излъчване и при слушане от различни места звуковата

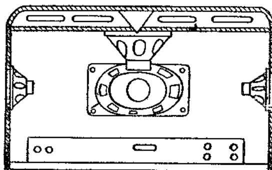
картина е различна (встрани от високоговорителя височините липсват и тонът е глух).

Първата стъпка в подобряване естествеността на възпроизвеждането бяха различните системи за пространствено, обемно звучене. Системата 3*D* (три-



Фиг. 69. Пространствено озвучаване (3*D*) чрез странични високоговорители

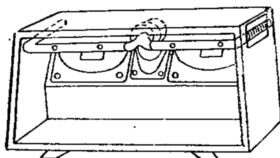
размерен тон) използува странични високотонови високоговорители, чиято диаграма се разширява чрез отраженията в стените на стаята (фиг. 69). По такъв начин, освен че се избягва насочеността в излъчвателните диаграми, като във всички точки на стаята се слуша еднакво качествено, но се получава и известен ефект на пространственост — на слушателя изглежда, че звуковият източник е много по-широк от кутията на радиоприемника.



Фиг. 70. Разположение на високоговорителите при 4*R* възпроизвеждане

За да се постигне още по-голяма обемност, се въведе системата 4*R*, при която на горната дъска на кутията е монтиран още един високотонов излъчвател. Разсейването на високите тонове става чрез конусен отражател, поставен пред високоговорителя (фиг. 70).

Срещат се много конструктивни разновидности на тези системи. В някои от тях високоговорителите са разположени в една плоскост на челната дъска, а за разсейване се използуват отражателни дъски или конуси. В други разположението на високоговорителите се прави такова, че да съответствува на разположението на отделните оркестрови групи, като високоговорителите могат да бъдат изнесени извън устройството и подходящо разместени. В последно време разпръскването на високите честоти във всички посоки (дори и назад) се постига с така наречения звуков компресор. В радиоприемниците със звуков компресор (фиг. 71) освен трите високоговорителя на челната дъска (два басови и един високотонов) има и един рупорен високоговорител с компресорна камера. Последната е свързана със звукопровода — тръба, минаваща отзад и встрани на кутията, с отвори за излъчване в определените места. Със звуковия компресор може да се постигне най-правилно съотношение между излъчените високочестотна и нискочестотна звукова мощност при много по-малки изкривявания, отколкото с дифузорни високоговорители. Поради това обемният ефект тук е по-силно изразен. Релефността на звученето се засилва и поради постигането на определено време за задържане на високите честоти, излъчени назад и встрани.



Фиг. 71. Радиоприемник със звуков компресор.

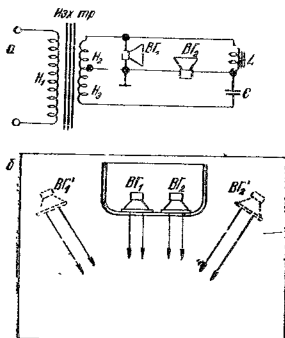
Много ефикасно и просто за изпълнение е стереодинното свързване. Два еднакви високоговорителя $ВГ_1$ и $ВГ_2$ са монтирани на лицевата плоча, като единият е включен направо към изходния трансформатор, а другият — чрез фазообръщаща LC група (фиг. 72 *а*). Параметрите на LC-групата се избират така, че за ниските честоти двата високоговорителя получават синфазно захранване, а за средните и високите честоти тази синфазност се нарушава. Създава се впечатление, че на средни и високи честоти високоговорителите излъчват отстрани, а не от кутията, където са в действителност. Полученият ефект е много близък до обемното възпроизвеждане и не зависи от отраженията в стените както при системата 3*D*.

Всички тези методи създават известна релефност и дълбочина на звученето по изкуствен начин — чрез забавяне по време на известна честотна лента или чрез разместени акустични групи с отделни честотни канали. Това са така наречените псевдостереофонични начини за звуковъзпроизвеждане.

Голяма популярност добива напоследък и пълното стереофонично възпроизвеждане. За реализирането му се използува бинауралният ефект на човешките уши, позволяващ на човека да чувствува и определя мястото на звуковите източници в пространството. Този ефект се дължи на нееднаквото разположение и насоченост на човешките уши относно звуковия източник, при което се получават различни промеждутъци от време (при ниските честоти) и различни звукови налягания (при високите честоти), действуващи върху всяко от двете уши.

За да се получи стереофонично слушане, са необходими най-малко два, независими един от друг канала, в целия тракт микрофон-усилвател-високого-

ворител. В мястото на предаването са монтирани два микрофона по начин, който съответствува на разположението на ушите на слушателя. Всеки от тях се включва към отделен усилвател, възпроизвеждащ цялата честотна лента. В



Фиг. 72. Стереодинно свързване на високоговорителите

а — принципна схема; *б* — разположение на високоговорителите

мястото на слушане се монтират две еднакви, но разместени високоговорителни групи, въздействуващи върху всяко от ушите.

Вече намира практическо приложение стереофоничното записване на звука чрез две отделни звукови бразди в звуконосителите. Постигнато е и стереофонично радиопредаване, при което са необходими два отделни радиопредавателни и радиоприемни канали.

в. Регулиране динамиката на възпроизвеждането

Широкият динамичен обхват (разликата между пианисимо и фортисимо) на различните звукови източници — оркестри, хорове и др., налага изкуствено потискане на динамиката в усилвателния тракт на радиопредавателя или звукозаписващата уредба. Това се налага поради големите нелинейни изкривявания при високо ниво и влиянието на основния шум при ниско ниво на сигнала. Потискането се извършва от устройство, наречено динамичен компресор. При възпроизвеждането обаче, ако се примирим със загубата на пианисимите и фортисимите, ще получим една твърде бедна и плоска звукова картина. Това се допълва и от факта, че компримирането на фортисимите ни

лищава от онези обертонове, които се получават в резултат на нелинейността на ухото при голяма сила на звука.

За да се възстанови нормалната ширина на динамичния звуков обхват, в радиоприемните и усилвателни уредби се въвежда т. нар. динамичен експандер. Както компримирането, така и експандирането представляват такъв вид регулиране на усилването, при което коефициентът на усилване е зависим от нивото на сигнала. При компресорите усилването спада с увеличаване на нивото, а при експандерите се получава точно обратният ефект.

Динамичният обхват на най-големите симфонични оркестри стига до 60 *дб*. Тъй като при радиопредаването и звукозаписа не се допуска динамичен обхват, по-голям от 40 *дб*, налага се компресия от около 20 *дб*. При възпроизвеждането експандерът трябва да осигури разширяване на динамиката също с 20 *дб*, при характеристика на експандиране, равна на обратната характеристика на компресора.

2. Електроакустични преобразователи

а. Микрофони

Микрофоните са електроакустични устройства, които преобразуват звуковата енергия в електрическа. Работата на микрофоните може да бъде преценена посредством неговите качествени показатели.

Чувствителност на микрофона се нарича отношението между полученото от микрофона променливо напрежение и приложеното към мембраната му звуково налягане. Основна граница за измерване чувствителността е 1 *в/бар*, а практически повече се употребява отношението *мв/бар*. Чувствителността на микрофона може да бъде оценена и чрез съпоставянето ѝ спрямо условно прието нулево ниво на чувствителност. В такъв случай чувствителността се изразява в децибели.

Чувствителността на микрофона зависи от честотата на звуковите колебания. Тази зависимост се нарича честотна характеристика на микрофона. Честотната характеристика дава възможност да бъде определена пропусканата от микрофона честотна лента, както и степента на неравномерност на чувствителността в тази лента. Честотната лента се определя от онази част на честотната характеристика, в която нямаме намаление на чувствителността повече от 3 *дб*.

Пространствена характеристика се нарича диаграмата, която дава представа за чувствителността на микрофона към звукови вълни, идващи от различни посоки. В зависимост от предназначението на микрофона конструкцията му може да бъде такава, че да се получи желаната форма на пространствената характеристика. Различаваме хоризонтална и вертикална пространствена характеристика. Първата се определя от чувствителността в хоризонталната плоскост, а втората — от чувствителността във вертикалната плоскост, минаваща през микрофона.

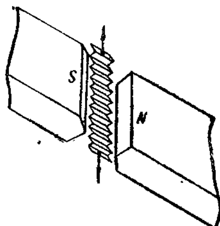
Важен показател за работата на микрофона е неговото ниво на шум. Шумово напрежение на един микрофон наричат онова напрежение, което се получава в товара на микрофона при липса на външно звуково въздействие и се дължи само на собствения шум на микрофона (термическия шум в токопроводящите му части). Съотношението между това напрежение и напрежението,

получено от звуково налягане от 1 *бар* при 1000 *хц*, служи за мярка на шумовото ниво и се изразява в децибели.

Колкото е по-чувствителен микрофонът, толкова нивото на шума му е по-малко. Най-високо ниво на собствен шум имат въглеровите микрофони. Нивото на шума определя долната граница на динамичния обхват на микрофона. Горната граница на този обхват се определя от степента на нелинейните изкривявания (клирфактора). Клирфакторът е толкова по-голям, колкото звуковото налягане върху мембраната на микрофона е по-силно.

б. Видове микрофони

Електродинамични микрофони. Основават се на принципа на електромагнитната индукция — пораждане на ЕДС при движението на проводник в магнитно поле. Този проводник може да бъде във вид на нагъната лента —



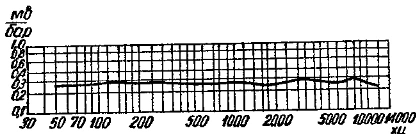
Фиг. 73. Лентов електродинамичен микрофон

лентови, или да бъде навит спирално — с подвижна бобина. На фиг. 73 е показано устройството на лентовия микрофон. Подвижната част представлява дуралуминиева лента, нагъната вълнообразно, имаща дебелина 3—5 *мкн*, широчина 3—4 *мм* и дължина около 50 *мм*. Тя изпълнява същевременно и ролята на мембрана. Съпротивлението на лентовия проводник е много малко — около 0,1 *ом*, и затова включването към входа на усилвателя става чрез повишаващ трансформатор. При отношение на трансформатора примерно 1 : 45 импедансът на вторичната е около 200 *ом*.

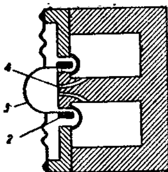
Чувствителността на лентовите микрофони е около 0,3 *мв/бар*, а честотната им характеристика е равномерна в обхвата 50 ÷ 10 000 *хц* (фиг. 74). Тази равномерност се запазва с помощта на механичен затихвател (лабиринт), поставен откъм задната страна на лентата.

Лентовите микрофони се употребяват, когато е необходимо високо качество на предаването. Те са твърде чувствителни и се използват само в студийни условия.

Устройството на динамичен микрофон с подвижна бобина е показано на фиг. 75. В кръглата въздушна междина на един постоянен магнит е поставена подвижна бобинка, с която е свързана дуралуминиева или полистиролова мембрана, имаща изпъкнала форма.



Фиг. 74. Честотна характеристика на лентов микрофон



Фиг. 75. Устройство на динамичен микрофон с подвижна бобинка

1 — магнитопровод; 2 — подвижна бобинка; 3 — мембрана; 4 — изравнителни канали

Подвижната бобинка на този микрофон е нискоомна — импедансът е от порядъка на 10—15 *ом*, поради което включването към усилвателя става с повишаващ трансформатор. При изходен импеданс 200 *ом* преводното отношение на трансформатора трябва да бъде около 1 : 25.

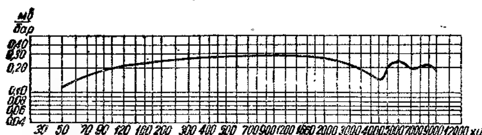
Чувствителността на този вид микрофони е около 0,25 *мв/бар*. Честотната му характеристика е по-неравномерна от лентовите — при дадения по-горе честотен обхват 50—10 000 *хц* неравномерността стига до 10 *дб* (фиг. 76).

Този вид динамични микрофони също може да бъде причислен към висококачествените и намира приложение в радиофикацията, звукозаписа и др.

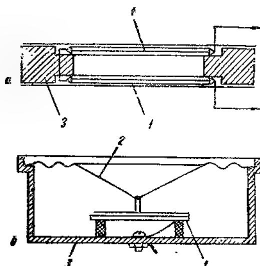
Горните два вида микрофони имат пространствена характеристика във формата на осморка (лентов микрофон) и окръжност (бобинен микрофон). Съществуват микрофони, представляващи комбинация от лентов и бобинен микрофон,

чиято диаграма получава формата на кардиоида; те имат по-равномерна честотна характеристика от съставляващите ги отделни микрофони.

Електростатични микрофони. Към тях могат да се причислят кристалните и кондензаторните микрофони.



Фиг. 76. Честотна характеристика на динамичен микрофон с подвижна бобинка



Фиг. 77. Устройство на обикновен (*а*) и мембранен (*б*) кристален микрофон

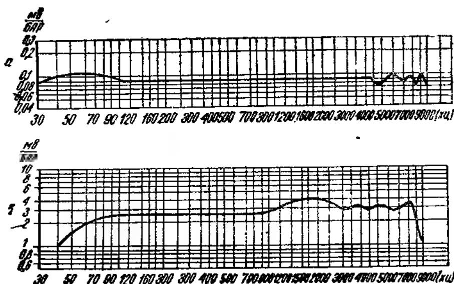
1 — биморфен (сдвоен) кристален елемент; 2 — мембрана; 3 — изолационна кутия

При кристалните микрофони се използува пиезоелектрическият ефект на някои кристали, които под действието на механическо налягане получават електрически заряди, пропорционални на налягането.

В конструктивно отношение съществуват две разновидности на кристалните микрофони — обикновен тип, в които се използуват две двойки от кристални плочки (фиг. 77*а*), и мембранен тип, при които към кристалите са закрепени една или две мембрани (фиг. 77*б*). Първите имат чувствителност 0,1 до 0,5 *мв/бар* и твърде равномерна честотна характеристика (фиг. 78*а*). При

вторите чувствителността е много по-висока — до 2,5 *мв/бар*, но в замяна на това честотната им характеристика е по-неравномерна (фиг. 78б).

Вътрешното съпротивление на кристалните микрофони е твърде зависимо честотно, понеже представаява капацитет с величина около 1000 *пф*. На ниски



Фиг. 78. Честотни характеристики на кристални микрофони

а — обикновен тип; *б* — мембранен тип

честоти съпротивлението става много голямо и за да се запази чувствителността, товарът трябва да бъде също голям — 1 до 2 *мгом*.

Кристалните микрофони въпреки високата чувствителност не са намерили широко приложение поради зависимостта им от влагата, температурата и механическите сътресения. Те имат кръгла, ненасочена пространствена характеристика.

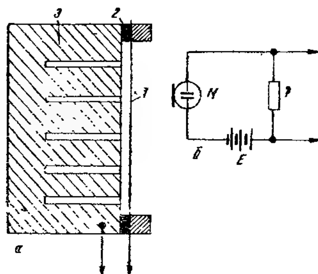
Кондензаторните микрофони представляват устройство, в което се използува свойството на кондензаторите да менят капацитета си при изменение на разстоянието между електродите му. Устройството им се вижда от фиг. 79. Мембраната от тънък дуралуминий (20 до 30 *мк* дебелина) е здраво закрепена срещу другия електрод на разстояние около 10 *мк*. В неподвижния електрод се правят отвори, които увеличават въздушния обем под мембраната и повишават чувствителността на микрофона.

Включването на кондензаторния микрофон става чрез поляризационна батерия E — 100 до 200 *в* и съпротивление R — 10 до 80 *мгом* (фиг. 79б). Капацитетът на микрофона се получава около 100 *пф*.

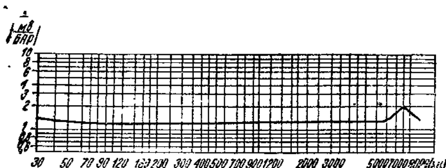
Чувствителността на този микрофон е 1 до 2 *мв/бар* и включването му към усилвателя става чрез едно или две предусилвателни стъпала. За да се намалят смущенията, поради високоомното съпротивление R този предусилвател се прави много близо до микрофона — обикновено в една кутия с капсула.

Честотната характеристика е праволинейна в широк честотен обхват (фиг. 80). Поради това той се използува, когато е необходимо високо качество на пре-

даването или за акустически измервания. Експлоатационните му качества обаче са лоши — голямо влияние на влагата и температурата и необходимостта от предусилвател.



Фиг. 79. Устройство на кондензаторен микрофон и начин на включване



Фиг. 80. Честотна характеристика на кондензаторен микрофон

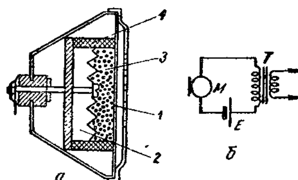
Въгленови микрофони. При тях се използува свойството на графитните зърна да изменят контактното си съпротивление в зависимост от силата на притискане, действуваща върху тях.

На фиг. 81 е показан разрез на въгленов микрофон. Обикновено той е оформен във вид на затворен капсул, в който пространството между мембраната, филцовия цилиндър и назъбения електрод е запълнено с графитни зрънца. За втори електрод служи мембраната, която е свързана механически и електрически с външната метална обвивка.

Въгленовият микрофон се включва към входа на усилвателя чрез микрофонен трансформатор, нагаждащ нискоомния микрофонен капсул към високо-

омния лампов вход Този трансформатор има преводно отношение 1 : 15 до 1 : 30.

От съществуващите разновидности на въгленови микрофони могат да се споменат двата вида — МБ и ЦБ, използвани в телефонията, както и някои стари типове за радиоразпръскването, които днес вече не се употребяват. На табл. 39 са дадени ориентировъчно някои по-важни данни за въгленовите микрофони МБ и ЦБ.



Фиг. 81. Устройство на въгленов микрофон и начин на включване

1 — мембрана; 2 — електрод; 3 — въгленови зърна; 4 — филцов цилиндър

Въгленовите микрофони имат тясна честотна лента на предаване. Те могат да осигурят равномерно предаване на честоти от 300 до 2400 *хц*, което ги прави използваеми при говорни (телефонии) предавания, но непригодни за радиоразпръскването. Те имат голям собствен шум поради искренето между графитните зърна, дължащо се на преминаващия през тях постоянен ток и на непостоянния и рязко изменящ се контакт между графитните зрънца и мембраната.

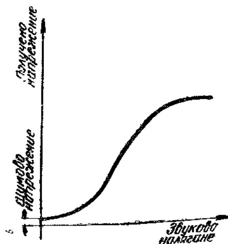
Таблица 39

	МБ	ЦБ
Напрежение на батерията (*в*)	2 -6	24
Съпротивление (*ом*)	20—80	200—400
Средна стойност на тока (*ма*)	40—70	25
Напрежение, получено от микрофона (*в*)	1—2	0,5
Чувствителност (*мв/бар*)	10—30	10

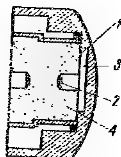
При въгленовия микрофон се забелязва голяма нелинейност между звуковото налягане и полученото напрежение. Амплитудната характеристика на въгленовия микрофон е показана на фиг. 82. При много малки и много големи звукови налягания не се получава пропорционално изменение на напрежението както при средна сила на звука. Това стеснява динамическия обхват на микрофона и води до увеличаване на нелинейните изкривявания.

Въгленовите микрофони са чувствителни към сътресения и при използуването им се препоръчва закрепване чрез пружини. Те се влияят също от измененията на температурата и влагата на околния въздух. Въпреки това те намират широко приложение в радиолюбителската дейност поради голямото им разпространение и висока чувствителност, позволяваща опростяване на усилвателя.

Ларингофони. Една разновидност на въглеповите микрофони са т. нар. ларингофони. Те се закрепват към гърлото и се задействуват не от звуковите вълни, а непосредствено от трептенията на ларинкса.



Фиг. 82. Амплитудна характеристика на въгленов микрофон



Фиг. 83. Устройство на въгленов ларингофон
1 — мембрана; 2 — контакти; 3 — резонансна кухина; 4 — графитни зърна

Въгленовият ларингофон се състои от два електрода, поставени в двата края на една кухина, изпълнена с графитни зрънца (фиг. 83). Единият от електродите е закрепен към мембраната, която от своя страна е свързана с външната контактна повърхност, получаваща трептенията от ларинкса.

Ларингофоните са удобни за използуване на места, където има силен външен шум.

Съществуват и ларингофони, почиващи на други принципи на електроакустично преобразуване — електромагнетични, кристални и т. н.

Ларингофоните имат значително по-малка чувствителност и по-лоша честотна характеристика от обикновените микрофони.

в. Високоговорители

Високоговорителите служат за електроакустично преобразуване на променливия електрически ток в звукови вълни. Показателите, с които се характеризира работата на един високоговорител, са следните:

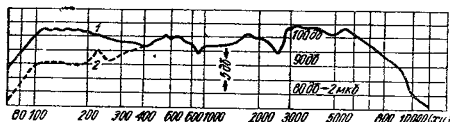
Чувствителност на високоговорителя е величината на полученото от него звуково налягане (измерено на разстояние 1 *м* по оста му) при подадена номинална мощност 0,1 *вт*. Чувствителността на повечето съвременни дифузорни високоговорители се движи в границите от 2 до 4 *бар*.

В практиката се използува най-често абсолютната чувствителност, която дава по-ясна и точна представа при сравняване на различни високоговорители. Измерва се в $бар/\sqrt{вт}$.

Коефициентът на полезно действие на високоговорителя е отношението между излъчената акустическа мощност и изразходваната в него електрическа мощност. Той зависи от вида и конструкцията на високоговорителя и от ха-

рактеристиката му на насоченост. При дифузорните високоговорители той е от порядъка на 2 до 3 %, а при рупорните — 15 до 30 %. Ненасочените високоговорители имат по-голям КПД от насочените.

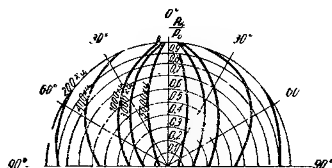
Номинална електрическа мощност се нарича онази подадена във високоговорителя мощност, при която нелинейните изкривявания не надвишават една



Фиг. 84. Честотна характеристика на високоговорител 3 *вт* („Ворошилов")

определена гранична величина. Тази гранична величина, измерена в средния честотен обхват (20) до 2000 *хц*), обикновено се приема от 5 до 10 %.

Честотна характеристика на високоговорителя представлява кривата, даваща зависимостта на подаденото звуково напрежение от честотата. При сне-



Фиг 85. Характеристика на насоченост за високоговорител 3 *вт* („Ворошилов")

мане на честотната характеристика чувствителността обикновено се определя от звуковото налягане, получено от 1 *в* звуково напрежение, и се изразява в *б*. На фиг. 84 е дадена за пример честотната характеристика на един фабричен високоговорител.

Характеристиката на насоченост се определя от т. нар. коефициент на насоченост, представляващ отношението на звуковото налягане, създавано от високоговорителя под известен ъгъл, към звуковото налягане при ъгъл 0°. Характеристиката на насоченост се изразява чрез диаграми, даващи изменението на коефициента на насоченост в зависимост от посоката. Пример за такава диаграма е даден на фиг. 85.

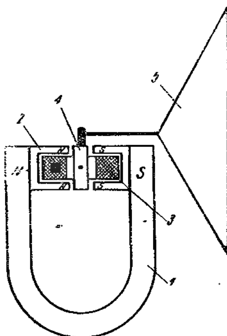
Към тези най-важни параметри на високоговорителите могат да се добавят още и резонансната честота на подвижната система, импедансът или омичното съпротивление на шпулката, индукцията в магнитния процеп и др.

Г. Видове високоговорители

Според начина на излъчване на звука високоговорителите биват дифузорни и рупорни. При дифузорните високоговорители звукът се излъчва чрез книжна конусна мембрана - дифузор. При рупорните високоговорители за излъчване на звука се използува рупор с експоненциална форма както при духовите музикални инструменти.

Според начина на преобразуване на електрическата енергия в механическа различаваме електромагнитни, електродинамични, кристални и кондензаторни високоговорители.

Електромагнитни високоговорители. При тях мембраната се разколебава чрез котвата на една електромагнитна система. Съществуват различни конструкции електромагнитни системи, по-разпространена от които е тази, показана на фиг. 86. Състоят се от постоянен магнит с полюсни наставки, между които е поставена бобината, свързана с източника на електрическа звукова енергия. Бобината е поставена върху подвижната котва, като колебанията от взаимодействието на двата магнитни потока се предават на мембраната и се превръщат в звукови вълни.



Фиг. 86. Електромагнитен високоговорител с диференциална магнитна система

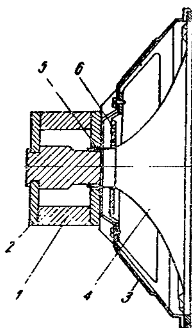
1 постоянен магнит; 2 — полюсни наставки; 3 — трептяща бобинка; 4 — котва; 5 — мембрана

Електромагнитните високоговорители имат висок собствен импеданс и често се включват без изходен трансформатор директно към крайната лампа. Те обаче имат твърде ограничена честотна характеристика (примерно 300—3000 *хц*) с рязък провал към ниските и високите честоти и голяма обща неравномерност. Нелинейните изкривявания, получени от тях, също са много големи. Звуковото налягане, което се получава от тях, е около 2—3 *бар* при 0,1 *вт*.

Простата конструкция, ниската цена и високият КПД позволяват използуването на този тип високоговорители само в простите и икономични радиоприемници и в жичната радиофикация.

Електродинамични високоговорители. При електродинамичните високоговорители колебанието на мембраната е предизвикано от трептенето на подвижна бобинка (шпулка) през която преминава нискочестотният ток и която се намира в силно постоянно магнитно поле. Това поле може да бъде създадено както от постоянен магнит, така и от електромагнит.

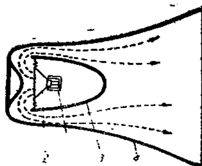
На фиг. 87 е показано устройството на електродинамичния високоговорител с постоянен магнит. Мембраната е закрепена в долния си край чрез центрираща шайба (трептилка), която не позволява странично изместване на шпулката и мембраната при трептенето ѝ. В горния край мембраната е закрепена неподвижно за шасито, а за да може да трепти по оста си, на нея са направени концентрични канали.



Фиг. 87. Устройство на електродинамичен високоговорител

1 — постоянен магнит; 2 — полюсни наставки; 3 — шаси; 4 — мембрана (дифузор); 5 — трептяща бобинка (шпулка); 6 — центрираща шайба (трептилка)

Чувствителността на тези високоговорители е сравнително висока — от 10 до 15 *бар/вт*. Честотната им характеристика е по-равномерна от тази на другите видове и има слабо изразен максимум в областта от 2000 до 4000 *хц* и



Фиг. 88. Устройство на рупорен високоговорител

1 — магнитна система; 2 — диафрагма; 3 — защитен капак; 4 — рупор

около механическия резонанс на трептящата система (50—100 *хц*). Коефициентът на нелинейни изкривявания също е по-малък — от 2 до 10% в зависимост от честотата. Както и при другите конусни високоговорители, диаграмата на насоченост става по-остра с увеличаване на честотата. Коефициентът на полезното им действие е не по-голям от 2—3% и те представляват един твърде нерентабилен преобразовател.

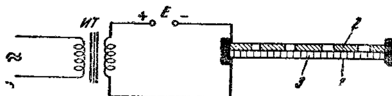
Рупорни високоговорители. Те работят на принципа на електродинамичните високоговорители, като вместо конусна мембрана имат рупорна тръба с експоненциална, конусна или друга форма. Най-често срещани са високоговорителите от типа, показан на фиг. 88. В процепа на магнита (*1*) трепти подвижна звукова бобина, свързана с диафрагмата (*2*). Защитният капак (*3*) и рупорът (*4*) са разположени така, че звуковата вълна изминава пътя, показан с пунктирни линии. С това дължината на рупора се съкращава значително.

Рупорните високоговорители имат около 10 пъти по-висок КПД от дифузорните, но и по-голяма зависимост на КПД от честотата.

Честотната характеристика на тези високоговорители е по-неравномерна и границите ѝ могат да се приемат от 200 до 6000 *хц*. За получаване на по-

добра честотна равномерност и за разширяване на диаграмата на насоченост се използуват агрегати от по няколко рупорни високоговорителя. Употребяват се предимно за открито озвучаване и не дават особено високо качество на възпроизвеждане.

Електростатични високоговорители. Те биват кондензаторни и кристални. Кондензаторните високоговорители работят на принципа на измене-



Фиг. 89. Устройство на кондензаторен високоговорител

1 подвижен електрод; 2 неподвижен електрод; 3 - изолационна хартия

нието на електростатичните сили при приложено променливо напрежение към плочите на един кондензатор. Устройството им се вижда от фиг. 89. Единият електрод (*1*) е подвижен а другият (*2*) — неподвижен. Между тях се поставя изолационна хартия (*3*). На кондензатора освен променливото звуково напрежение се подава и поляризационното напрежение *E* (200—300 *в*). С това се усилва звукоизлъчването и се избягва трептенето на удвоена честота.

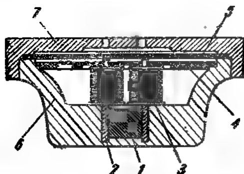
Тези високоговорители имат много малък КПД. Използуват се за възпроизвеждане на високите честоти — от около 5—6 *кхц* до около 20 *кхц*. Клирфакторът в този обхват е малък, но под долната честотна граница силно нараства, поради което се вземат мерки за острото ограничаване на честотния обхват. Включват се чрез *RC*-групи, за да не влияят чрез промяната на капацитета си върху изхода на усилвателя.

Другият вид електростатични високоговорители — кристалният, почти не се употребява вече. При него се използува пиезоелектричният ефект на кварцовата пластинка. Имат твърде лоши качествени показатели и са неудобни и несигурни в експлоатацията.

Радиослушалки. Слушалките са електроакустични преобразователи, подобни на високоговорителите, с тази разлика, че при тях липсва дифузор и образуваните звукови вълни не се разпространяват в широко пространство. Звуковите вълни се образуват от плоска мембрана, а трептенето на мембраната се предизвиква чрез използуването на електромагнитния, електродинамичния или електростатичния принцип. Най-широка употреба намират електромагнитните радиослушалки (фиг. 90). Състоят се от постоянен магнит (*1*) с полюсни наставки (*2*), върху които са надянати бобините (*3*). Между горните краища на полюсните наставки и мембраната (*5*) има разстояние, подбрано много точно в границите от 0,1 до 0,2 *мм*.

Ч у в с т в и т е л н о с т т а на електромагнитните слушалки е висока, тъй като създаденото от нея звуково налягане, колкото и да е малко, действува върху незначителен обем въздух — между мембраната и ухото. При радиослушалките чувствителността може да се дефинира, както и при високоговорителите, като отношение от звуковото налягане. създадено във въздушния обем между мембраната и ухото, към приложеното напрежение. Из-

мерва се също в *бар/в*. За по-точна оценка, при която се избягва влиянието на съпротивлението на слушалката, се въвежда т. нар. приведена чувствителност. Това е отношението между чувствителността на слушалка с произволно съпротивление към тази на слушалка със съпротивление 600 *ом*. Приведената чувствителност на обикновените радиослушалки е обикновено 100—150 *бар/в*.



Фиг. 90. Разрез на електромагнитна радиослушалка („Ворошилов")

1 — магнит; *2* — полюсни наставки; *3* — бобинка; *4* — диафрагма; *5* — мембрана; *6* — корпус; *7* — капак

Честотната характеристика на обикновените радиослушалки е твърде неравномерна и има остър връх около 1000 *хц*, дължащ се на механическия резонанс на мембраната. За изравняване на неравномерността се създава механически затихване около мембраната. Това е, от една страна, диафрагмата (*4*) на фиг. 90, а от друга — малките отвори на капака (*7*). С внесените от тези затихватели съпротивления честотната характеристика става по-равномерна, но и чувствителността намалява. Слушалката от фиг. 90 има чувствителност 60 *бар/в*, а честотната ѝ характеристика в обхвата 300—3000 *хц* е с неравномерност под 12 *дб*.

По отношение на съпротивлението електромагнитните радиослушалки се делят на нискоомни и високоомни. Първите имат съпротивление от порядъка на 100 *ом*, а вторите — 2000 или 4000 *ом*. Импендансът при 1000 *хц* може да се приеме средно 20 000 *ом* (за високоомните) и 600 *ом* (за нискоомните)

Сравнително широко разпространение намират напоследък и кристалните радиослушалки. Работят на същия принцип както кристалните високоговорители, като за трептяща система се използва малък конус от алуминий. Приведената им чувствителност е около 200 *бар/в*. Импедансът при 1000 *хц* е в границите от 35 до 90 *ком*. Честотната характеристика е твърде неравномерна — до 40 *дб* за 300 - 3000 *хц*, с остър връх към 1500 *хц*.

Електродинамичните слушалки се използват по-рядко, въпреки че имат по-добри качества. Чувствителността им е 150 *бар/в*, честотна характеристика 100—5000 *хц* с неравномерност под 10 *дб*. Те са нискоомни с импеданс около 400 *ом* при 1000 *хц*.

Шеста глава

РАДИОПРИЕМНИЦИ

Радиоприемниците в зависимост от предназначението им се разделят на две основни групи.

Концертни радиоприемници, предназначени да приемат програмите на радиоразпръскването. Според електрическите и акустическите качества те имат четири класа. Първи клас — с най-високи качества, и четвърти клас — с най-ниски качества. Според захранването те биват: захранвани от електрическа мрежа — от всички класове, и захранвани от батерии — от втори, трети и четвърти клас.

Професионални приемници, предназначени за работа по телеграфия и телефония, в радиолокационните и радионавигационните апаратури и др.

Освен посоченото подразделение приемниците могат да се класифицират по ред други техни характерни свойства. В зависимост от вида на схемата приемниците биват: линейни и суперхетеродинни.

Съвременните радиоприемници обикновено се изпълняват по суперхетеродинна схема.

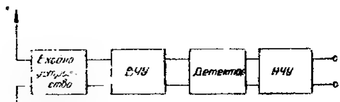
В зависимост от вида на вълните, па които работят приемниците, биват: **дълговълнови, средновълнови, късовълнови и ултракъсовълнови.**

В зависимост от вида на работа приемниците биват: телефонни, телеграфни, телевизионни, радиолокационни и др.

В зависимост от модулацията на приемните сигнали приемниците биват: за приемане на сигнали с амплитудна, честотна, фазова и импулсна модулация.

1. Линейни радиоприемници

Обикновено линейните приемници имат входна верига, усилвател на висока честота, детектор и усилвател на ниска честота. Блоковата схема на линеен



Фиг. 91. Блокова схема на линеен приемник

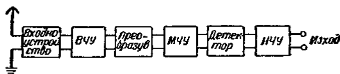
приемник е показана на фиг. 91. Понякога с цел за повишаване на усилването и селективността детекторното стъпало се изпълнява по регенеративна схема.

Линейните приемници не могат да осигурят висока чувствителност и добра избирателност, особено в обхватите на къси и ултракъси вълни.

Недостатъци на линейните приемници са: ниска избирателност, лоша форма на резонансната характеристика, ниска чувствителност и др.

2. Суперхетеродинни приемници

Блоковата схема на суперхетеродинен приемник е показана на фиг. 92. Приеманите сигнали преминават през входното стъпало и усилвателя на висока честота, където става усилване и частично отделяне на полезния сигнал от



Фиг. 92. Блокова схема на суперхетеродинен приемник

сигналите на смущаващите станции. Така усилените сигнали се подават на преобразователното стъпало, където те се превръщат в сигнали с междинна честота. Преобразуването се извършва по такъв начин, че независимо от приемната честота на изхода на преобразователя се получава полезен сигнал с неизменна междинна честота. Затова при преминаването от една станция на друга едновременно с пренастройката на входния кръг и високочестотния усилвател осцилаторният кръг се пренастройва така, че междинната честота остава неизменна.

Преобразователят се състои от смесител и хетеродин. Хетеродинът представлява от себе си местният осцилатор на висока честота. Процесът на преобразуването на честотата се извършва в смесителя. На него въздействуват две високочестотни трептения: едно (f_c), което постъпва в антената, и друго (f_x) от хетеродина. На изхода на преобразователя се отделят трептения с честота, равна на разликата от f_x и f_c. Тази разлика $f_x - f_c = f_м$ е междинната честота.

Междинночестотните трептения постъпват в междинночестотния усилвател, който осигурява главното усилване и избирателното действие. Обикновено междинната честота е 465 *кхц* за приемниците с амплитудна модулация (АМ), а за приемниците с честотна модулация (ЧМ) е 8,4 или 10,7 *мгхц*. За междинночестотни усилватели обикновено се използуват лентови усилватели, резонансната характеристика на които е близка до правоъгълната, което позволява да се получат висока избирателност и равномерно усилване в честотната лента.

Общото усилване до детектора трябва да бъде такова, че напрежението на междинната честота, което идва до детектора, да не е по малко от 1—2 *в*. При по-голямо усилване се подобрява работата на автоматичното регулиране на чувствителността.

Недостатък на суперхетеродинния радиоприемник е наличието на допълнителният, огледален канал, който отстои от основния канал на удвоената междинна честота.

а. Качествени показатели на радиоприемниците

Номинална изходяща мощност е максималната мощност, която се получава на изхода на радиоприемника при допустима стойност на коефициента на нелинейните изкривявания. Определя се по формулата

$$P_н = \frac{U_н^2}{Z},$$

където $P_н$ е номиналната изходяща мощност (*вт*);

$U_н$ — напрежението в трептящата бобина на високоговорителя, съответствуващо на номиналната изходяща мощност (*в*);

Z — съпротивлението на трептящата бобина на високоговорителя при честота 400 *хц*, приблизително равно на 1,2 пъти от омическото съпротивление на бобината (*ом*).

Начин на измерване. Напрежението от звуковия генератор с честота 400 *хц* се подава или на решетката на първата лампа, която усилва ниската честота, или на входа за грамофон. Потенциометърът за регулиране силата се поставя на максимално усилване. Напрежението на входа на звуковия генератор се регулира така, че на изхода на радиоприемника да се получи необходимата мощност на звуковата честота. Измерването на изходящата мощност се извършва с волтмер, включен паралелно на трептящата бобина на високоговорителя. Номиналната изходяща мощност се определя по горната формула.

Номинално изходящо напрежение е ефективното звуково напрежение на трептящата бобина на високоговорителя, съответствуващо на номиналната изходяща мощност. Измерва се с волтметър за звукова честота.

Нормална изходяща мощност е една десета част от номиналната изходяща мощност (обикновено се приема за нормална мощност 50 *мвт*). Нормалната изходяща мощност ($P_{норм}$) се определя от нормалното изходящо напрежение $U_{норм}$ и съпротивлението Z на трептящата бобина по формулата

$$P_{норм} = \frac{U_{норм}^2}{Z}.$$

Начин на измерване. Нормалната изходяща мощност се определя по същия начин, както и номиналната изходяща мощност, но по горната формула.

Нормално изходящо напрежение е напрежението на трептящата бобина на високоговорителя, което съответствува на нормалната изходяща мощност. Нормалното изходящо напрежение се определя по формулата

$$U_{норм} = \sqrt{P_{норм} \cdot Z}.$$

Чувствителност на входа за грамофон е величината на звуковото напрежение на входа на грамофона, при която изходящата мощност на приемника е равна на номиналната.

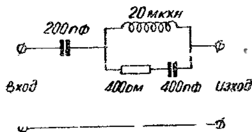
Начин на измерване. На входа на грамофона се подава от звуков генератор напрежение с честота 400 *хц*. Потенциометърът за регулиране на силата се поставя на максимум, а потенциометърът за тона — в положение на най-широка пропускана честотна лента. Подбира се такава стойност на напрежението на входа на грамофона, при която напрежението във високоговорителя се равнява на номиналното. Това напрежение на входа на грамофона определя величината на чувствителността.

Чувствителност на входа на приемника е величината на носещата *едс* във веригата на еквивалентната антена, която при 30% амплитудна модулация и честота 400 *хц* или честотна модулация с девиация на честотата ± 15 *кхц* и модулираща честота 1000 *хц* създава на изхода на приемника напрежение, равно на нормалното при превишаване на сигнала над шума не по-малко от:

при радиоразпръскване 20 *дб* (10 пъти)

при радиотелефония 12 *дб* (4 пъти)

при радиотелеграфия 6 *дб* (2 пъти)



Фиг. 93. Схема на еквивалентна антена

Начин на измерване. На входа на приемника „антена-земя" се подава чрез еквивалентна антена (фиг. 93) напрежение от сигналгенератор, модулирано с честота 400 *хц* и дълбочина на модулацията 30%. Паралелно на високоговорителя се включва волтмер на звукова честота за измерване на изходящото напрежение. Регулаторите на тембъра и на пропускателната лента се поставят в положение на най-тясна пропускана лента. По скалата на сигналгенератора се поставя честотата, на която се извършва измерването. При включена вътрешна модулация на сигналгенератора приемникът се настройва на тази честота по волтмера за изходящото напрежение или по индикатора за настройка.

Като се изключи модулацията на сигналгенератора, потенциометърът за силата се поставя в такова положение, че на изхода на приемника напрежението на шумовете да бъде с дадено число пъти по-слабо от нормалното изходящо напрежение (обикновено 10 пъти, 20 *дб*). След това се включва вътрешната 30% модулация на сигналгенератора с честота 400 *хц*. Подбира се такава величина на сигнала във веригата на еквивалентната антена, при която напрежението на изхода на приемника е равно на нормалното. Чувствителността се отчита по скалата на сигналгенератора.

Такива измервания на чуствителността се правят в три точки на всеки подобхват. При това крайните точки трябва да отстоят от краищата на подобхвата на 10—20% от широчината му.

Чувствителността на ЧМ тракт се измерва по същия начин, но вместо еквивалентната антена се включва активно съпротивление, стойността на което заедно с изходното съпротивление на ЧМ сигналгенератора трябва да бъде равна на съпротивлението на УКВ антена.

Чувствителността на приемника при работа с вътрешна магнитна антена се измерва с помощта на квадратна рамка от меден или алуминиев проводник (с диаметър 4 *мм* и страни 380 *мм*), която се свързва с изхода на сигналгенератор с АМ чрез съпротивление 80 *ом*. Плоскостта на рамката се разполага перпендикулярно на оста на сърцевината на магнитната антена, а разстоянието между рамката и средата на сърцевината трябва да бъде 1 *м*.

Избирателност (селективност) на радиоприемника е способността му да отделя от различните сигнали, отличаващи се по честота, полезния сигнал на приеманата станция. Избирателността е величина, която показва с колко пъти се влошава чувствителността на приемника при разстройка с 10 *кхц* в АМ стъпало или 250 *кхц* в ЧМ стъпало. Измерванията се правят на честота 250 и 1000 *кхц* за АМ стъпало и 780 *мгхц* за ЧМ стъпало.

Начин на измерване. На входа на приемника от сигналгенератор през еквивалентна антена се подава напрежение, модулирано с честота 400 *хц* с дълбочина на модулацията 30%, при което на изхода на приемника се получава напрежение, което съответствува на 0,1 от номиналната мощност. Приемникът се настройва точно на честотата на сигнала по максимално напрежение на изхода (при тясна лента на пропусканата честота) или по индикатора за настройка. Потенциометърът за регулиране на силата трябва да бъде в такова положение, при което се осигурява отношение на напрежението сигнал към шум (при изключена от сигнала модулация) не по-ниско от 20 *дб*. Затова, не изменяйки настройката на приемника, се разстройва сигналгенераторът на 10 *кхц* в двете страни от честотата за точната настройка и атенюаторът на сигналгенератора се установява за такова напрежение на входа на приемника, при което на неговия изход отново се получава напрежение, което съответствува на 0,1 от номиналната мощност.

Отношението на напрежението на сигналгенератора при точна настройка към напрежението при разстройка на + 10 и на — 10 *кхц*, изразено в децибели, е показател за селективността.

Честотна характеристика на приемника (на нискочестотната част). Качеството на възпроизвеждане на предаваната програма е толкова по-добро, колкото са по-малки изкривяванията в приемника. Степента на внесените в приемника изкривявания може да бъде определена по неговата характеристика на изкривяванията. Честотните изкривявания обикновено се определят по честотната характеристика. Тя показва зависимостта на напрежението на изхода на приемника от изменението на честотата на входа на нискочестотните стъпала на приемника (обикновено върху гнездата на грамофона) при неизменно по стойност входящо напрежение.

Начин на измерване. В гнездата за грамофон се подава напрежение от звуковия генератор, модулирано с 400 *хц*. Потенциометърът за регулиране на силата се поставя в такова положение, при което изходящата мощност на приемника е равна на 0,1 *вт* или на номиналната, ако тя е по-ниска от 0,1 *вт*. След това, като се изменя честотата и се поддържа напрежението в гнездата на грамофона постоянно, се снема зависимостта на изходящото напрежение от честотата. Като се построи кривата на тази зависимост, по нея се определя неравномерността на характеристиката относно точката от кривата, която съответствува на честотата 400 *хц*.

Крива на верността на възпроизвеждането на приемника. За определяне на неравномерността на усилването по целия радиоприемен канал (от антената до високоговорителя) служи честотната характеристика на целия канал на приемника (крива на верността). Тя изразява при нормално работещ приемник зависимостта на изходящото напрежение от честотата на звуковите трептения, с които се модулира носещата честота на сигнала. При това напрежението на тази носеща честота, постъпваща върху входа на приемника, и дълбочината на модулацията остават постоянни.

Начин на измерване. На входа на приемника чрез еквивалентна антена се подава напрежение от сигналгенератора, което се модулира с отделен звуков генератор. Приемникът се настройва точно на честотата на сигнала по максимално напрежение на изхода при тясна лента на възпроизвежданите честоти или по индикатора за настройка. Дълбочината на модулацията е 30% и се поддържа постоянна при всички модулиращи честоти. Потенциометърът за регулиране на силата се установява в такова положение, при което на изхода на приемника се получава напрежение, съответствуващо на 0,1 *вт*

или на номиналната мощност, ако тя е по-ниска от 0,1 *вт*. Честотата на модулацията се изменя в границите от 50 до 10 000 *хц*.

Кривата на напрежението на изхода на приемника, която зависи от честотата на модулацията, се явява честотна характеристика на целия канал на усилване на приемника. По честотната характеристика се определя неравномерността (в *дб*) в границите на зададените честоти.

Характеристиката се снема в крайните положения на потенциометъра за регулиране на силата.

Ниво на фона на приемника е отношението на фона към номиналното изходящо напрежение на приемника. Макар че фонът не изкривява възпроизвежданото предаване, все пак, като се наслагва върху него, влошава качеството на възпроизвеждането.

Пропускана честотна лента на високочестотната част на приемника е честотният интервал, на границите на който чувствителността се влошава два пъти в сравнение с резонансната.

Начин на измерване. Измерва се чувствителността на приемника при настройка в резонанс на честотата на сигналгенератора. След това, без да се изменят настройката на приемника и положението на регулатора на силата, се изменя честотата на сигналгенератора и отново се измерва чувствителността. Подбират се такива честоти на сигналгенератора (от двете страни на резонансната честота), при които чувствителността се влошава два пъти в сравнение с резонансната. Разликата между тези честоти е равна на пропусканата лента.

Отслабване на огледалния канал е величината, която показва колко пъти чувствителността на приемника по огледален канал е по-лоша от резонансната чувствителност.

Начин на измерване. Измерването се извършва както в точка „ж" за определяне на избирателността, но разстройката тук трябва да е равна не на 10 *кхц*, а на удвоената номинална междинна честота. При това разстройката трябва да се извършва към увеличаване на честотата, ако честотата на хетеродина е по-голяма от честотата на сигнала и обратно.

Отслабване на приемането на честота, равна на междинната, е величина, която показва колко пъти чувствителността на приемника по отношение на междинночестотните колебания в антената е по-лоша, отколкото чувствителността по отношение на сигнала, на чиято честота е настроен приемникът.

Начин на измерване. Измерва се чувствителността на приемника при точна настройка на честотата на сигнала. След това, без да се изменят настройката на приемника и положението на регулатора на силата, настройва се сигналгенераторът на номиналната междинна честота на приемника и отново се измерва чувствителността. Отношението между измерените по този начин чувствителности дава търсената величина на отслабване на приемника.

Измеренията трябва да се правят при настройка на приемника на тези честоти, които са най-близки до междинната честота. За междинна честота 465 *кхц* такива честоти са 415 и 520 *кхц*.

Обхват на приеманите честоти е обхватът, в който приемникът може да бъде настройван.

Начин на измерване. При включването на обхватите на приемника настройващият му кондензатор се поставя последователно в двете крайни положения, които съответствуват на началото и края на обхвата. За всяко от тези положения сигналгенераторът се настройва, докато се получи най-голямо отклонение на стрелката на волтмера или най-силен звук във високоговори-

теля на приемника и се отчитат получените от сигналгенератора честоти, които са граничните на дадения обхват.

Точност на градуирането на скалата е величина на грешката в градуировката на скалата към съответствуващата честота на сигнала.

Начин на измерване. На входа на приемника се подава напрежение от хетеродинен вълномер. Паралелно на високоговорителя се включва волтмер. Стрелката на скалата на приемника се поставя на определена точка. Хетеродинният вълномер се настройва по максимум на изходящото напрежение на приемника. Разликата от честотите, отчетени по скалата на приемника и по скалата на вълномера, разделена на честотата на сигнала, дава процентната грешка в градуировката.

Измерването се извършва за не по-малко от две точки на всеки подобхват, при което крайните точки трябва да отстоят от краищата на скалата на 10—12% от ширината на подобхвата.

Изменение честотата на хетеродина от самонагряването е изменението на честотата на хетеродина вследствие нагряването на детайлите му.

Начин на измерване. Хетеродинният вълномер се свързва слабо с хетеродина на приемника. Приемникът се настройва на най-високата честота на всеки обхват. Пет минути след включването на приемника вълномерът се настройва на честотата на хетеродина по нулевите биения и се отчита честотата на скалата му. Същото се повтаря след 15 мин. Разликата между двете измервания, отчетени по скалата на хетеродинния вълномер, дава изменението на честотата на хетеродина.

Отслабване на паразитната амплитудна модулация на УКВ-ЧМ обхват е величината, която показва колко пъти чувствителността на приемника по отношение на АМ сигнали е по-лоша от чувствителността при приемане на ЧМ сигнали.

Начин на измерване. На входа на приемника от ЧМ сигналгенератор се подава напрежение, равно на номиналната чувствителност на приемника, модулирано с честота 1000 *хц* при девиация на честотата ± 15 *кхц*. Приемникът се настройва точно на тази честота и с потенциометъра за силата се установява напрежението на високоговорителя, равно на нормалното. След това на входа на приемника се подава такова напрежение, но от АМ сигналгенератора с честота на модулацията 1000 *хц* и дълбочина 30% и отново се измерва напрежението на високоговорителя, разстройвайки приемника на ± 50 *кхц* по отношение на резонансната честота.

Отношението на изходящото напрежение при приемането на ЧМ сигнали към максималното изходящо напрежение при приемане на АМ сигнали, изразено в децибели, е показател на отслабването на паразитната амплитудна модулация.

Ръчно регулиране на силата е границата за изменение на силата.

Начин на измерване. Потенциометърът за силата се поставя в положение на максимално усилване; на гнездата за грамофон се подава от звуковия генератор такова напрежение, при което на високоговорителя се получава нормално изходящо напрежение. След това потенциометърът за силата се поставя в положение на минимално усилване и отново се подбира такова напрежение от генератора, при което на високоговорителя се получава нормално изходящо напрежение.

Отношението на напрежението на звуковия генератор при максимално и минимално усилване, изразено в децибели, определя границите на регулиране на силата.

Таблица 40

Основни параметри	Приемници						
	I клас	II клас		III клас		IV клас	
	мрежови	мрежови	батерийни	мрежови	батерийни	мрежови	батерийни
Източници за захранване (*в*) . . .	150, 220	150, 220	батерия	150, 220	батерия	150, 220	батерия
Консумация на електрическа енергия (*вт*)	Определя се от броя на лампите						
Обхват на приеманите честоти: дълги вълни (*кхц*)	Определя се в техническите условия	150—350	150—350	—	—	—	—
средни вълни (*кхц*)	„	520—1500	520—1560	520—1560	520—1560	520—1560	520—1560
къси вълни (*мгхц*)	„	5,88—18	5,88—18	5,88—18	5,88 —18	—	—
	Радиоприемниците от I и II клас задължително трябва да имат най-малко два разтегнати или полуразтегнати обхвати от тесни участъци на 49, 41, 31 и 25 *м*			Допускат се и дълги вълни		Допуска се и обхват на къси вълни	
Междинна честота (*кхц*) .	465±5	465±5	465±5	465±5 или 110—115	465±5 или 110—115	465±5 или 110—115	465±5 или 110—115
Номинална изходяща мощност (*вт*)	4	1,5	0,15	0,5	Не се нормира		
Чувствителност при 0,1 от номиналната мощност и при отношение напрежение на полезния сигнал към напрежението на шума, не по-малко от 20 *дб*							
дълги вълни (*мкв*)	50	200	200	300	400	Не се нормира	
средни вълни (*мкв*)	50	200	200	300	400	Не се нормира	

Продължение на таблица 40

Основни параметри	Приемници						
	I клас	II клас		III клас		IV клас	
	мрежови	мрежови	батерийни	мрежови	батерийни	мрежови	батерийни
къси вълни (*мкв*)	50	300	300	500	400	Не се нормира	
фиксирана настройка . . .	200	300	300	—	—	—	—
Чувствителност на входа „Грамофон" не по-малко от . . . (*мв*)	200	250	250	250	—	—	—
Избирателност по съседния канал при разстройка ±10 *кхц* (*дб*)	46	26	26	20	20	—	—
Отсъствие на огледалния канал, не по-малко от . . . . . (*дб*)							
дълги вълни	60	36	36	26	26	—	—
средни вълни	50	30	30	20	20	—	—
къси вълни	26	12	12	—	—	—	—
Изменение на честотата на хетеродина вследствие самонагряване за 10 минути (след 5 минути от включването на радиоприемника)							
15 *мгхц* . . . . (*кхц*)	4	—	—	—	—	—	—
9—15 *мгхц* . . . . (*кхц*)	3	6	3	12	—	—	—
6—9 *мгхц* . . . . . (*кхц*)	2	4	2	8	—	—	—
Ръчно регулиране на силата... (*дб*)	50	40	40	40	40	—	—
Отслабване на сигнала с честота, равна на междинната . . . . (*дб*)	40	34	34	20	20	—	—
Регулиране на тона . . . . (*дб*)	Отделна регулировка на ниски и високи звукови честоти. По-	Понижение на високите звукови честоти с не по-малко от 6 *дб*.		няма	няма	няма	няма

Продължение на таблица 40

Основни параметри	Приемници						
	I клас	II клас		III клас		IV клас	
	мрежови	мрежови	батерийни	мрежови	батерийни	мрежови	батерийни
	вишаване на ниските с 4 *дб*, на високите с 6 *дб*. Понижение на ниски и високи с 6 *дб*	Отделна възможност за повишаване и понижаване на ниските честоти с не по-малко от 3 *дб*					
Ниво на фона при положение на максимално усилване, което да отговаря на номиналната изходяща мощност . . . . (*дб*)	—46	—37	—37	—26	—26	—	—
Действие на автоматичното регулиране на усилването. Изменение на напрежението на входа на приемника . . . (*дб*)	60	26	26	26	26	—	—
Съответно изменение на изхода на приемника . . . . . (*дб*)	12	8	8	10	10	—	—
Честотна характеристика на целия радиоприемник по звуково налягане при неравномерност 14 *дб* на всички обхвати и 18 *дб* на честота, по-ниска от 250 *кхц* . . . . (*хц*)							
за маса	60—6500	100—4000	100—4000	150—3500	150—3500	200—3000	200—3000
за шкаф	50—6500	80—4000	—	—	—	—	—
Коефициент на нелинейни изкривявания на целия радиоприемник по звуково налягане при							

Основни параметри	Приемници						
	I клас	II клас		III клас		IV клас	
	мрежови	мрежови	батерийни	мрежови	батерийни	мрежови	батерийни
номинална изходяща мощност и дълбочина на модулацията 30%							
до 100 *хц* (%)	12	—	—	—	—	—	—
от 100 до 200 *хц* (%) . . .	7	10	10	—	—	—	—
от 200 до 400 *хц* (%) . . .	7	7	7	12	12	—	—
над 400 *хц*	5	7	7	10	10	—	—
Индикатор за включване:							
електрически	има	има	Не е задължително	има	Не е задължително	има	Не е задължително
механически	няма	няма	има	няма	има	няма	има
Индикатор за настройка	има	има	няма	Не е задължително	няма	няма	няма
Променлива лента на пропускане	нма	Не е задължителво		няма	няма	няма	няма
Възможност за включване на втори високоговорител	има	нма	има	Не е задължително		няма	няма
Възможност за включване на високоговорителя в жичната радиофикационна мрежа . . .	Не е задължително		има	Не е задължително	има	Не е задължително	има
Брой на радиолампите	Не се нормира	не повече от 7	не повече от 7	не повече от 5	не повече от 5	не повече от 4	не повече от 4

Забележка. Данните са съгласно БДС 1510—53 и БДС 2698—57.

Граница на регулиране на тембъра е величината, която показва колко пъти има усилване или отслабване на дадена честота, повече или по-малко усилване на средната честота на звуковия обхват.

Начин на измерване. На входа на грамофон от звуковия генератор се подава напрежение 0,25 *в* с честота 1000 *хц*. Потенциометърът за силата установява на високоговорителя напрежение, съответствуващо на 0,1 от номиналната мощност, а регулаторът на тембъра се поставя в положение на максимално усилване на високите и ниските звукови честоти. След това се изменя честотата на генератора на 100, а след това на 5000 *хц*, като се отбелязва напрежението на високоговорителя на тези честоти. След това се поставя регулаторът на тембъра в положение на най-малко усилване и се повтарят измерванията.

Отношението на напреженията, получени от преминаването на регулаторът на тембъра от едно положение в друго крайно положение на честоти 100 и 5000 *хц*, изразено в *дб*, показва границите на действие на регулатора на тембъра.

Коефициентът на нелинейните изкривявания (клирфактор) показва какъв процент хармонични се съдържа в изходящото напрежение по отношение на основния ток, създаващ чисто синусоидално изходящо напрежение:

$$K = 100\sqrt{\frac{U_1^2 + U_2^2 + \cdots + U_n^2}{U}}\ ,$$

където K е коефициентът на нелинейни изкривявания в проценти;
U — изходящото напрежение на основната честота;
U_1, U_2, U_n — напреженията на съответните хармонични на основната честота на изхода на приемника.

Начин на измерване. Коефициентът на нелинейните изкривявания се измерва по звуковото налягане при номинална изходяща мощност. Приблизителна представа може да се получи при, измерване паралелно на трептящата бобина на високоговорителя.

Основните параметри на приемниците за нуждите на радиоразпръскването са дадени в таблица 40.

б. Входни кръгове на радиоприемниците

Входните кръгове служат да свържат антенно-фидерната система с входа на първата лампа на приемника. Те спомагат за доброто предаване на напрежението на полезния сигнал и да отслабят напрежението на смущаващия сигнал.

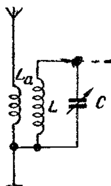
Входните кръгове работят както с настроени и съгласувани с фидера антени, така и с ненастроени антени.

Съществуват най-разнообразни връзки с антената, но основни са: *индуктивна, капацитивна и комбинирана.*

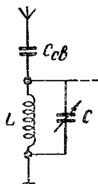
Индуктивната връзка (фиг. 94), когато е правилно избрана, осигурява почти постоянно предаване на напрежението в целия обхват. Тя е най-често срещаната връзка в практиката.

Външнокапацитивната връзка (фиг. 95) е проста, има голяма неравномерност при предаване на напрежението на различни обхвати и чувствителността на приемника пада. Целесъобразно е използуването на капацитивната връзка, когато трептящите кръгове са настроени на фиксирана честота, както и при разтегнати обхвати.

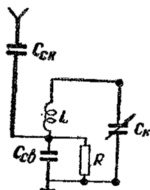
Вътрешнокапацитивната връзка (фиг. 96) работи на скъсена антена и има почти равномерен коефициент на предаване на напрежението по обхвата, който незначително се увеличава с повишение на напрежението.



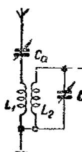
Фиг. 94. Схема на индуктивна връзка

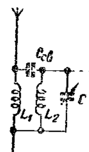


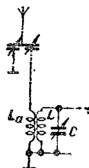
Фиг. 95. Схема на капацитивна връзка



Фиг. 96. Схема на вътрешнокапацитивна връзка







Фиг. 97. Схеми на комбинирани връзки: капацитивно-индуктивна

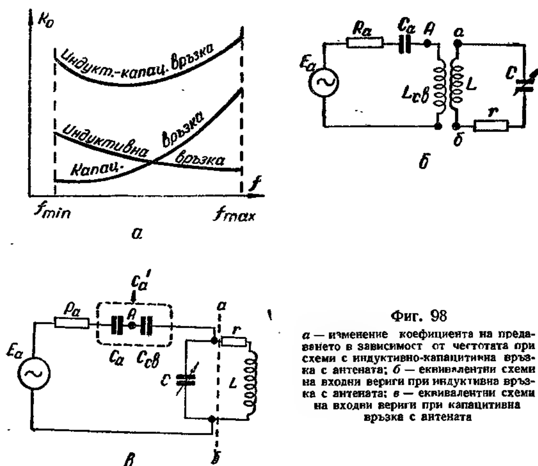
Входното устройство с вътрешнокапацитивна връзка работи ефективно на антена с малък капацитет.

Комбинираната връзка (фиг. 97) осигурява най-добри резултати по отношение на постоянството на предаваното напрежение. На фиг. 98 е показано изменението на коефициента на предаване напрежението на входната верига в зависимост от честотата.

Определянето на входните кръгове се извършва по зададен обхват на честотите, по зададена антена и по типа на фидера.

При симетричен фидер се използува трансформаторна връзка, която има симетричен вход за честоти до 150 *мгхц*. При несиметричен фидер се използува автотрансформаторна връзка за честоти до 350 *мгхц* или последователни индуктивности за честоти от 200 до 500 *мгхц* и кръгът работи на фиксирана

честота. Входните кръгове за свръхвисока честота (СВЧ), работещи в режим на съгласуване с фидера, могат да работят в честотен обхват, равен на ширината на пропусканата честотна лента на антената, тъй като само в пропусканата че-



Фиг. 98

а — изменение коефициента на предаването в зависимост от честотата при схеми с индуктивно-капацитивна връзка с антената; *б* — еквивалентни схеми на входни вериги при индуктивна връзка с антената; *в* — еквивалентни схеми на входни вериги при капацитивна връзка с антената

стотна лента на антената се запазва задоволително съгласуване на антената с фидера.

Двойните входни кръгове се използват в концертни приемници на честота от 150 *кхц* до 1600 *кхц*, когато е необходимо да се получи по-голяма избирателност по огледалния канал, и при честота, равна на междинната.

Изчисляване на високочестотен кръг:

Определяне коефициента на препокриване на обхвата:

$$к_{п} = \frac{f_{макс}}{f_{мин}}.$$

Определяне индуктивността на кръга:

$$L_{мин} = \frac{2{,}53 \cdot 10^4 (к_{п}^2 - 1)}{(C_{макс} - C_{мин}) \cdot f_{макс}^2},$$

където $C_{макс}$ и $C_{мин}$ са максималният и минималният капацитет на настройващия кондензатор в *пф*.

Допълнителен капацитет в кръга:

$$C_д = \frac{C_{макс} - \kappa_п^2 . C_{мин}}{\kappa_п^2 - 1}$$

Капацитет на схемата:

$$C_{сх} = C_L + C_м + C_{вх},$$

където C_L е капацитетът на бобината; $C_м$ — монтажният капацитет; $C_{вх}$ — входният капацитет на лампата.

Капацитетът на донастройващия кондензатор е $C_{дон} = C_д - C_{сх}$. Тази стойност $C_{дон}$ трябва да бъде положителна и не по-малка от 5 *пф*.

Определяне качествения фактор на кръга

За качеството на трептящия кръг се съди по отношението на индуктивното съпротивление на кръга wL при резонансна честота към активното съпротивление на кръга R. Това отношение се нарича качествен фактор или Q-фактор и се определя от формулата:

$$Q = \frac{w . L}{R}$$

Необходимият качествен фактор на кръга за къси вълни се определя по формулата:

$$Q = \frac{f_{макс} . d_{огл}}{4 f_м},$$

където $f_{макс}$ е максималната честота на обхвата; $f_м$ — междинната честота и $d_{огл}$ зададеното отслабване на приемането по огледален канал.

Ако Q превишава 100, трябва да се употреби резонансен усилвател на висока честота.

Необходимият качествен фактор на кръга за средни и дълги вълни се определя от зададената пропускана честотна лента ΔF и се изчислява по формулата:

$$Q = \frac{f_{мин} \sqrt{d_{лен}^2 - 1}}{\Delta F},$$

където $f_{мин}$ е минималната честота на обхвата; $d_{лен}$ е отслабването на сигнала в краищата на пропусканата честотна лента (на средни вълни $d_{лен} = 1{,}15 \div 1{,}2$; на дълги вълни $d_{лен} = 1{,}5 \div 1{,}7$).

Проверката на отслабването на приемането по огледалния канал се определя по формулата:

$$d_{огл} = \left(\frac{f_{макс} + 2f_м}{f_{макс}} - \frac{f_{макс}}{f_{макс} + 2f_м}\right) Q.$$

Ако получената стойност е по-малка от зададената, трябва да се употреби лентов филтър.

Изчисляване на индуктивна връзка. Индуктивната връзка с антената има по-добри електрически показатели, отколкото капацитивната, но е

необходима допълнителна бобина. На фиг. 98*б* е показана еквивалентна схема на такава връзка.

Изчисленията се извършват, като се приемат за изходни данни:

обхватът на честотата $f_{мин} \div f_{макс}$;

индуктивността на кръга L;

Q-факторът, който се приема за постоянен по обхвата и

капацитетът на антената $C_{A мин} \div C_{A макс}$.

Определят се:

индуктивността на антенната бобина за свръзка $L_{св}$;

коефициентът на връзката K и

коефициентът на предаване напрежението на входната верига за три точки K_0.

Избира се най-голямата собствена честота на антенната верига. За дълги и средни вълни $f_{A макс} = (0{,}5-0{,}8)\ f_{мин}$. За къси вълни $f_{A макс} = (0{,}25-0{,}3)\ f_{мин}$.

Определя се най-малката собствена честота на антенната верига:

$$f_{A мин} = \frac{1}{\sqrt{\dfrac{C_{A макс}}{C_{A мин}}}} \cdot f_{A макс}$$

Намира се индуктивността на свръзката:

$$L_{св\,[мкхн]} = \frac{2{,}53 \cdot 10^{10}}{C_{A мин\,[пф]} \cdot f^2_{A макс\,[кхц]}}$$

Определя се допустимият коефициент на връзката на кръга с антената:

$$K_{доп} = 2\sqrt{\frac{\beta(1-A)(1-B)}{B-A}},$$

където $\beta \approx 0{,}5\dfrac{1}{Q}$ е допустимата разстройка между входните и всички останали кръгове на приемника, предизвикана от влиянието на антената:

$$A = \left(\frac{f_{A мин}}{f_{макс}}\right)^2$$

$$B = \left(\frac{f_{A макс}}{f_{мин}}\right)^2$$

Величината K се избира $\leq K_{доп}$, но не повече от неговото значение при конструктивното изпълнение. При универсална намотка $K_{доп} = 0{,}5 \div 0{,}6$ и при еднослойна цилиндрична намотка $K_{доп} = 0{,}4 \div 0{,}5$.

Намира се коефициентът на предаване напрежението на входната верига за три точки на подобхвата по формулата:

$$K_0 = Q\frac{K}{1-\left(\dfrac{f_{A мин}}{f}\right)^2} \cdot \sqrt{\frac{L}{L_{св}}}$$

Изчислението трябва да се направи за добрия случай, т. е. когато

$$f_A = f_{A\,мин}.$$

Изчисляване на капацитивна връзка

Капацитивната връзка с антената е по-проста конструктивно, но рязко се изменя коефициентът на предаване на напрежението при настройка на различни честоти.

На фиг. 98в е показана еквивалентна схема на такава връзка.

Като изходни данни се приемат:

честотен обхват $f_{мин} \div f_{макс}$;

капацитетът на промелнивия кондензатор $C_{макс}$;

качественият фактор, който се приема за постоянен по обхвата;

параметрите на антената C_A и R_A за приемниците с типова антена са $C_A = 150 \div 300$ *пф*, $R_A = 25$ *ом*.

Определят се:

капацитетът на свръзката $C_{св}$ и

коефициентът на предаването K_0 за три точки на обхвата.

Даден е капацитетът на кондензатора $C_{св}$ в границите от $10 \div 30$ *пф*.

Определя се капацитетът на кръга за три точки от подобхвата, като се взема под внимание влиянието на антената:

$$\text{за } f_{мин} \text{ капацитетът } C_{е\,макс} = C_{макс} + C'_A = C_{макс} + \frac{C_A C_{св}}{C_A + C_{св}};$$

$$\text{за } f_{ср} = \frac{f_{макс} + f_{мин}}{2} \text{ капацитетът } C_{е\,ср} = C_{е\,макс}\left(\frac{f_{мин}}{f_{ср}}\right)^2;$$

$$\text{за } f_{макс} \text{ капацитетът } C_{е\,мин} = C_{е\,макс}\left(\frac{f_{мин}}{f_{макс}}\right)^2$$

Намира се качественият фактор на входната верига за три точки на подобхвата: $Q_е = \dfrac{1}{\dfrac{1}{Q} + \omega_0 C_е R_A \left(\dfrac{C'_A}{C_е}\right)^2}$

Определя се коефициентът на предаване на напрежението за три точки от подобхвата по формулата: $K_0 = Q_е \dfrac{C'_A}{C_е}$.

Построява се график за изменение на величината K_0 на подобхвата.

в. Разтегнати (разширени) подобхвати

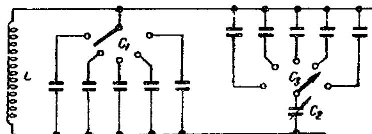
С развитието на приемната техника и преобладаващото използуване на суперхетеродинните приемници се срещнаха затруднения относно плавната настройка. За разрешаването на тази трудност има две възможности:

използуването на механически преводи, при които на един полуоборот на променливия кондензатор съответствуват $50 \div 100$ оборота на копчето за настройка;

намаляване ширината на подобхватите, при което изместването на променливия кондензатор на 1^0 съответствува на $3 \div 4$ *кхц*. Тази система се нарича

разтегнати подобхвати, която намери голямо приложеиие в радиоприемниците за плавна иастройка в късовълновите обхвати.

Съществува голямо разнообразие в системите на разтегнатите обхвати, но по-употребявани са:



Фиг. 99. Схема с обща бобина

Схема с обща бобина. Тази схема е иай-подходяща за иеголям брой иа разтегнатите обхвати, ие повече от два до три. Това произтича от обстоятелството, че индуктивността иа бобииата трябва да се определя по иай-високата честота от обхватите и следователно при голям брой на разтегнатите обхвати трябва да се употребяват за нискочестотния обхват големи капацитети, в резултат на което се намалява резонансното съпротивление на кръга $Z_0 = Q\sqrt{\frac{L}{C}}$, а следователио и усилването. Освен това при такава система се усложнява много комутацията.

На фиг. 99 е показаиа схема с обща бобнна. Кондеизаторите C_1 и C_3 се състоят от паралелио включени блоккондензатори и тримери. Такава схема усложнява комутацията, тъй като изнсква два превключвателя, а при многовълновите приемници и превключвател на бобините за късн, средни и дълги вълни. В любителски условия такава схема опростява първоначалната настройка на приемиика.

Изчисляването на такава система следва да се започне със:

1. Определянето на миимималния капацитет иа кръга. Обикновено той се движи между 35 ÷ 40 *пф*, ио за да се избегне разстройката иа приемника при смеияването на лампите, по-добре е тази стойност да се увеличи още с 5 ÷ 10 *пф*.

2. Определяйки $C_{мин}$, ние можем да намерим индуктивността на бобината по следиата формула:

$$L_{[мкхн]} = \frac{25330}{f^2_{[мгхц]} C_{мин[пф]}},$$

където f е максималната честота на най-високия обхват.

3. Знаейки величииата иа L за всички обхвати, определяме необходимите величини иа минималния и максималиия капацитет и съответно мииималната и максималната честота за всеки обхват по формулата:

$$C_{мин[пф]} = \frac{25330}{f^2_{макс[мгхц]} \cdot L_{[мкхн]}}.$$

$$C_{макс\,[пф]} = \frac{25330}{f^2_{мин\,[мгхц]} \cdot L_{[мкхн]}}$$

4. След това намираме за всеки обхват разликата: $\Delta C = C_{макс} - C_{мин}$.
5. Стойността на C_3 за всеки обхват определяме:

$$C_3 = \frac{\Delta C\,(C + 2\,C_0) + \sqrt{[\Delta C\,(C + 2\,C_0)]^2 + 4\,(C - \Delta C)\,(C + C_0)\,C_0 \cdot \Delta C}}{2\,(C - \Delta C)},$$

където C_0 е минималният капацитет на променливия кондензатор, а C—разликата между максималния и минималния капацитет на променливия кондензатор.

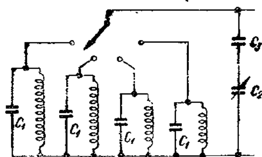
6. Стойността на капацитета C_1 за всеки обхват определяме:

$$C_1 = C_{мин} - \frac{C_0 \cdot C_3}{C_0 + C_3}$$

Схема с отделна бобина за всеки обхват. Схемите от този тип (фиг. 100) следва да се считат по-съвършени. Преди всичко те позволяват значително да се опрости комутацията, особено за многовълновите приемници, в които така или иначе трябва да има превключвател на бобините.

Друго преимущество на тези схеми е, че за всеки обхват може да се подбира високо отношение на $\frac{L}{C}$ и следователно може да се получи по-добра чувствителност.

Недостатък на тази схема е, че при първоначалната настройка на кръговете е необходимо да има възможност за плавно изменение на индуктивността на всяка бобина. Освен това изчисляването и изработването на голям брой бобини са по-сложни, отколкото употребата на тримери. Тези недостатъци обаче могат да се смятат временни, тъй като въпросът с плавното изменение на индуктивността е разрешен с бобините с железни сърцевини, а другата трудност е само в началото, и то преодолима.



Фиг. 100. Схема с отделни бобини и тримери

Изчисляването на такива схеми става по следния начин:

1. Задаваме си минимален капацитет на кръга $C_{мин}$, който е от порядъка на 40—50 *пф*.
2. Определяме индуктивността на бобината за най-високата честота от най-високия обхват:

$$L_{[мкхн]} = \frac{25330}{f^2_{макс\,[мгхц]} \cdot C_{мин\,[пф]}}$$

3. След намиране стойността на L определяме максималния капацитет за най-ниската честота от същия обхват:

$$C_{макс\,[пф]} = \frac{25330}{f^2_{мин\,[мгхц]} \cdot L_{[мкхн]}}$$

4. Разликата от двата капацитета $\Delta C = C_{макс} - C_{мин}$ се запазва постоянна за всички обхвати. Изменят се само индуктивностите на бобините или техните тримери, които определят минималния капацитет за всеки обхват.

5. Индуктивността на бобините за другите обхвати се определя по формулата:

$$L_{[мкхн]} = \frac{25330}{\Delta C_{[пф]}} \left(\frac{1}{f^2_{мин\,[мгхц]}} - \frac{1}{f^2_{макс\,[мгхц]}} \right)$$

6. Капацитетът на скъсяващия C_3 се намира по формулата:

$$C_3 = \frac{\Delta C\,(C+2C_0) + \sqrt{[\Delta C\,(C+2C_0)]^2 + 4\,(C-\Delta C)\,(C+C_0)\,C_0 \cdot \Delta C}}{2\,(C-\Delta C)}$$

7. Капацитетът на паралелните тримери за бобините определяме:

$$C_t = C_{мин} - \frac{C_0 \cdot C_3}{C_0 + C_3}$$

От формулата по точка 5 се вижда, че при постоянна величина ΔC индуктивността има напълно определена стойност в който и да е обхват, ограничен от честотите $f_{мин}$ и $f_{макс}$. Тъй като с помощта на формулата в точка 6 може точно да се подбере капацитетът на C_3 за получаването на необходимата величина ΔC, то е ясно, че можем всеки желан обхват да го разтеглим по цялата скала на кондензатора, ако само за този обхват е използувана отделна бобина с нейните паралелни тримери.

г. Високочестотни усилватели (ВЧУ)

Високочестотните усилватели (ВЧУ) са предназначени за усилване на високочестотните трептения; да осигурят добра избирателност на приемника и да подобрят отношението сигнал/шум.

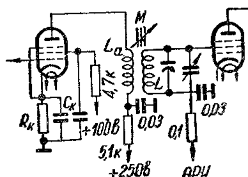
Най-разпространени усилватели на висока честота са резонансните и апериодичните.

Резонансен усилвател. На фиг. 101 и 102 са показани две схеми на резонансни усилватели. В резонансния усилвател товарното съпротивление е трептящ кръг, настроен на усилваната честота. Резонансните усилватели обикновено са обхватни, тъй като от тях се изисква да покриват определен обхват от честоти. Настройката на резонансните усилватели се извършва чрез променливи кондензатори и твърде рядко чрез променлива индуктивност.

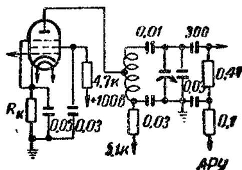
В резонансните усилватели се получават различни изкривявания. Честотните изкривявания се дължат на неравномерното усилване на спектъра на страничните честоти в пропусканата лента и се преценяват по резонансната характеристика на усилвателя. Величините на ординатите на резонансната крива на границата на пропусканата лента определят численото значение на коефициента на честотните изкривявания.

Нелинейните изкривявания възникват вследствие работата на усилвателя в криволинейните участъци на характеристиката на лампата.

Използването на усилвателни лампи с удължени и полуудължени характеристики, които имат променлива стръмност, позволява да се използува автоматично регулиране на усилването (АРУ).



Фиг. 101. Схема на резонансен усилвател (ВЧУ) с трансформаторна връзка



Фиг. 102. Схема на резонансен ВЧУ с автотрансформаторна връзка

При захранване на приемника от мрежа с променлив ток се наблюдава явлението *вторична модулация*. При недостатъчна филтрация на изправеното напрежение пулсациите с честота 50 или 100 *хц*, оказват влияние върху електродите на усилвателните лампи, в резултат на което приеманата честота се модулира с тези пулсации и на изхода на приемника се появяват смущения във вид на фон от променлив ток.

На управляващата решетка на резонансния усилвател освен приемания сигнал може да действува и модулираното напрежение на смущаваща станция. При нелинейни лампови характеристики модулацията на приемната станция се явява смущаващ сигнал. В резултат на това на изхода на приемника се чува смущаващият сигнал на станцията. Това явление се нарича *кръстосана модулация*. За отстраняване на кръстосаната модулация е необходимо да се отслаби сигналът на смущаващата станция във веригите, предшествуващи първата лампа, или да се измени режимът на работа на лампата.

Изчисление на резонансен ВЧУ.

1. Избира се типът на лампата и по характеристиката ѝ се определя режимът на работата.

2. Определя се резонансното съпротивление на кръга за крайните точки на обхвата:

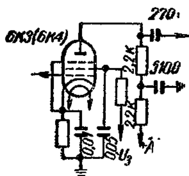
$$R_{\text{рез. мин}} = \omega_{\text{мин}} L \cdot Q = 6{,}28 f_{\text{мин}} L \cdot Q$$

$$R_{\text{рез. макс}} = \omega_{\text{макс}} LQ = 6{,}28 \cdot f_{\text{макс}} L \cdot Q,$$

3. Избира се схема на включване на кръга в анодната верига. Изборът на схемата за включване на кръга в анодната верига се прави обикновено от условието за устойчивост:

$$K_{0\,\text{макс}} = R_{\text{рез. макс}} S \leq 0{,}42\sqrt{\frac{S}{\omega_{\text{макс}} C_{\text{ар}}}} = K_{\text{уст}}$$

В отделни случаи, даже при удовлетворителни условия на устойчивост, кръгът може да бъде включен трансформаторно или автотрансформаторно, например при необходимост за изравняване коефицнента на усилване за всички обхвати.



Фиг. 103. Схема на апериодичен високочестотен усилвател

4. За схеми с трансформаторно или автотрансформаторно включване връзката се определя от:

$$p \leq \frac{K_{уст}}{K_{0\,макс}}$$

5. Определяне индуктивността на бобината:
а. При трансформаторно включване

$$L_a = \left(\frac{p}{K}\right)^2 . L .$$

Коефициентът на връзката се взема обикновено $K = 0{,}4 \div 0{,}6$.

б. При автотрансформаторно включване $L_a = p . L$.

Апериодичен усилвател. Не притежава избирателни свойства. Неговият коефициент на усилване е значително по-нисък, отколкото при резонансния усилвател. Позволява повишаване на отношението сигнал/шум. Апериодическите ВЧУ намират приложение в случаите, когато входящото устройство е изпълнено по схема с лентови филтри, обикновено при висококачествени приемници на средни и дълги вълни.

Схема на апериодичен ВЧУ е показана на фиг. 103, предназначен за работа на средни и дълги вълни.

Апериодичният ВЧУ може да бъде изпълнен по схема на *широколентов усилвател с корекция*, който осигурява голямо усилване.

д. Преобразователи на честота

Особеността на суперхетеродинния приемник, отличаваща го от линейния приемник, е, че в него има стъпало за преобразуване на честотата. Преобразувателното стъпало е една от най-важните части на суперхетеродинния приемник. То се състои от смесител и хетеродин. Както смесителят, така и хетеродинът имат свои трептящи кръгове, с помощта на които се настройва входната верига на приемника на приеманата и спомагателната честота.

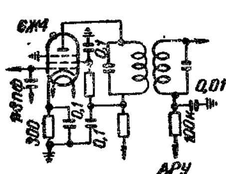
Съвременните електронни лампи позволяват да се осъществят два вида преобразователи на честота: еднорешетъчни и двурешетъчни.

При еднорешетъчните преобразователи се използуват обикновени усилвателни лампи с една управляваща решетка, в повечето случаи — пентоди. При двурешетъчното преобразуване на честотата се използуват специални честотнопреобразувателни лампи с две управляващи решетки. В УКВ обхват се използуват също и триоди.

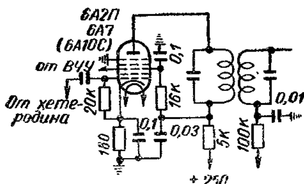
На фиг. 104 е представена схема на еднорешетъчен преобразовател с пентод 6Ж4. Схеми с еднорешетъчно преобразуване се срещат сравнително рядко. Използуват ги главно по конструктивни съображения, когато е целесъобразно да се употребят еднотипни лампи в целия приемник.

При двурешетъчно преобразуване на честотата (фиг. 105) се използуват лампи с две управляващи решетки като: хексоди, хептоди, октоди и др.

В честотнопреобразователните лампи с две управляващи решетки връзката между кръга за сигнала и кръга на хетеродина може в значителна степен



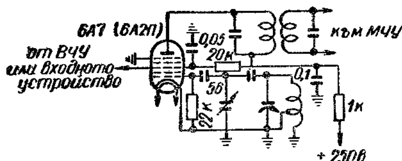
Фиг. 104. Схема на еднорешетъчно смесително стъпало



Фиг. 105. Схема на двурешетъчно смесително стъпало

да се отслаби чрез въвеждане на допълнителна решетка между хетеродинната и сигналната решетка.

Различават се два вида честотнопреобразователни лампи: смесителни и преобразователни.



Фиг. 106. Схема на преобразовател на честота

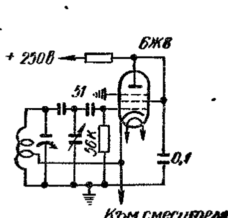
В смесителните лампи става само смесване на честотите. Спомагателната честота се създава от хетеродина, който работи на отделна лампа.

В преобразувателните лампи смесването на честотите и създаването на спомагателна честота се извършват от една и съща лампа.

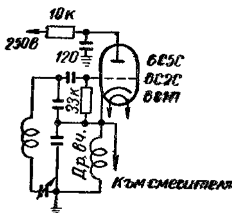
На фиг. 106 е показана схема на преобразовател на честотата на хептод с антидинатронна решетка. За анод на хетеродина служи втората — екранната решетка.

е. Хетеродин

Хетеродинът представлява маломощен генератор на висока честота (осцилатор). Колебателният процес в хетеродина се обуславя от наличието на положителна обратна връзка, вследствие на което част от енергията на анодната верига постъпва обратно в решетъчната верига.

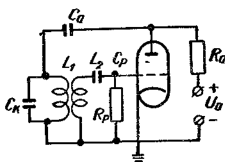


Фиг. 107. Схема на хетеродин с автотрансформаторна връзка



Фиг. 108. Схема на хетеродин с капацитивна връзка

Хетеродините, които се използват в суперхетеродинните приемници, се строят по различни схеми, но независимо от схемата към хетеродина на приемника се предявяват редица определени изисквания. По-важни от тях са:



Фиг. 109. Схема на хетеродин с настроен кръг в анодната верига

1. Независимост на честотата на генерираните трептения от влиянието на различни фактори, като изменение на околната температура, захранващото напрежение и др. Честотата на хетеродина трябва да се отличава от резонансната честота на входящите високочестотни кръгове на величина, равна на междинната честота.

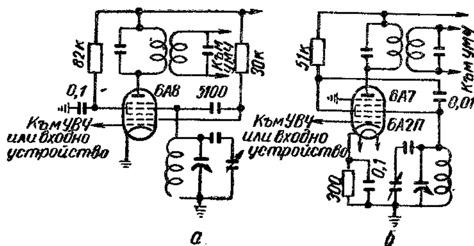
2. Устойчива генерация по целия обхват.

3. Достатъчна амплитуда на трептенията по целия честотен обхват. Изпълнението на тези изисквания осигурява устойчиво усилване при преобразуването на честотата.

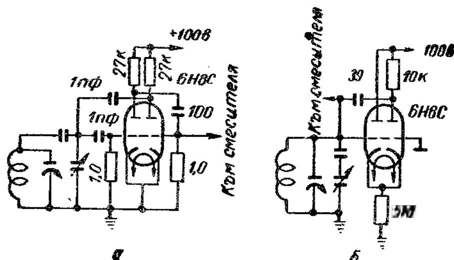
Първото изискване се удовлетворява при правилното съгласуване настройката на трептящия кръг на хетеродина и входящите високочестотни кръгове. Стабилността на честотата и амплитудата на трептенията се постигат чрез съответно подбиране работния режим на хетеродинната лампа, добрия монтаж, щателния подбор на детайлите.

Най-проста схема на хетеродин със стабилна честота е така наречената т р и т о ч к о в а с х е м а с и н д у к т и в н а в р ъ з к а. При правилен подбор на съотношението между L_1 и L_2, триточковата схема осигурява устойчива гене-

рация и добра стабилност на честотата. Най-добрият начин за повишаване стабилността на хетеродина е да се намали степента на връзката на кръга с решетъчната верига (фиг. 107).



Фиг. 110. Схема на преобразователи на честота с транзитронни хетеродини

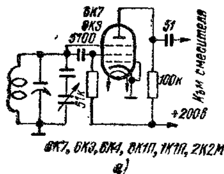


Фиг. 111. Схеми на хетеродини, използващи отрицателно съпротивление

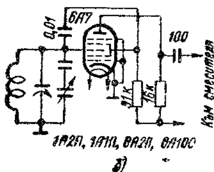
Триточковата схема е една от най-добрите по отношение независимостта й от режима на захранването. При правилен подбор на величините на кондензатора и съпротивлението на решетъчната утечка се получава стабилна работа на хетеродина. За концертните приемници C_p е обикновено от 50 ÷ 100 *пф*, а стойността на R_p е от 30 ÷ 80 *ком*.

На фиг. 108 е показана триточкова капацитивна схема. Тя е удобна за приемници с клавишна система.

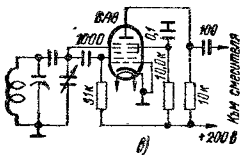
Схемата с настроен кръг в анодната верига има по-голяма стабилност на честотата при измененията на анодното напрежение и при измененията на автоматическото регулиране на усилването, отколкото схема с настроен кръг в решетъчната верига (фиг. 109).



Транзитронна схема. Голямо приложение намериха в последно време осцилатори с така наречената транзитронна схема. Принципът на транзитронната схема е свързан с понятието за отрицателно съпротивление. В транзитронните схеми се използва свойството на многорешетъчните лампи да създават при определени условия отрицателно вътрешно съпротивление във веригата на някои от електродите, т. е. при увеличение на напрежението вместо увеличение на тока имат намаление.



Транзитронни схеми, които работят на принципа на отрицателното съпротивление, са дадени на фиг. 110. Тук се използва свойството на лампите 6А7 и 6А8, че като се намалява напрежението на четвъртата решетка, токът във веригата на втората решетка се увеличава и обратно.



Фиг. 112. Схеми на транзитронни хетеродини

а - на пентод; *б* — на хептод; *в* — на пентагрид

На фиг. 111 са показани схеми, които използват отрицателно съпротивление, което се създава благодарение на особеното включване на двойния триод.

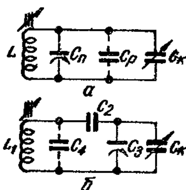
Транзитронни хетеродини, които имат висока стабилност на честотата, са показани на фиг. 112 *а*, *б* и *в*. С изменение на напрежението на първата решетка, обикновено неизползувана, честотата може да се изменя с 4—5 %. Тази особеност на транзитронните схеми може да се използува в схемата за автоматична донастройка на честотата.

ж. Съгласуване на кръговете

В суперхетеродинните приемници настройката на високочестотните кръгове и хетеродина се извършва обикновено чрез променливи кондензатори, задвижващи се посредством една обща ос. В зависимост от броя на настройващите кръгове се използуват: двойни, тройни и в редки случаи четворни кондензатори.

В съвременните приемници съгласуването на кръговете се извършва по метода на допълнителни кондензатори, които спомагат за получаването на постоянна междинна честота, равна на разликата между честотата на хетеродина и резонансната честота на входящия кръг.

Чрез съответно подбиране на индуктивността на кръга и капацитета на допълнителните кондензатори може да се получи точно съгласуване на кръговете само в три точки на всеки обхват. За другите честоти от обхвата съгласуването на кръговете се нарушава и разликата на честотите между хетеродина и резонансната честота на входящия сигнал малко се различава от междинната честота.



Фиг. 113. Схеми за спрягане на кръговете

а — високочестотни стъпала; б — хетеродин

Настройката на приемника се извършва по максимума на напрежението на сигнала на входа на детектора. Радиочестотният канал има по-широка резонансна крива, отколкото междинночестотният канал. Затова на максимума на напрежението на входа на детектора ще съответствува на точната настройка на междинната честота. При това честотата на входящия сигнал ще бъде малко разстроена по отношение на честотата в трите точки на съгласуване. Следователно величината на максималната допустима неточност на съгласуване на кръговете се определя от пропусканата лента на входящите кръгове.

На фиг. 113 е показана схема, при която хетеродинният кръг и входящият такъв се настройват с едно копче.

За определяне честотите на точното съгласуване f_1, f_2 и f_3 индуктивността на бобината на хетеродинния кръг L_x и капацитета на съгласуващия кондензатор C_2 се спазва следният ред:

1. Определяне честотите на съгласуване в трите точки:

$$f_1 = \frac{f_{макс} + f_{мин}}{2}$$

$$f_2 = f_1 - \frac{\sqrt{3}}{4}(f_{макс} - f_{мин})$$

$$f_3 = f_1 + \frac{\sqrt{3}}{4}(f_{макс} - f_{мин})$$

2. Определяне спомагателните величини по честотите за точното съгласуване:

$$a = f_1 + f_2 + f_3 \qquad b^2 = f_1 f_2 + f_2 f_3 + f_1 f_3$$

$$c^3 = f_1 f_2 f_3 \qquad d = a + 2f_м$$

$$l^3 = \frac{b^2 d - c^3}{2f_м} \qquad m^2 = ad + f_м^2 - b^2 + l^3$$

$$n^3 = \frac{f_м^2 l^3 - c^3 d}{m^2}$$

3. След това определяме спомагателната величина

$$C_0 f_0^2 = \frac{25330}{L_c}.$$

4. По-нататъшните изчисления се правят в зависимост от вида на схемата на хетеродина.

Ако бобината на хетеродина има малък собствен капацитет и паралелно на нея не е включен донастройващ кондензатор, то може да се смята, че $C_4 = 0$. В този случай: $C_2 = C_0 f_0^2 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{l^2}\right)$.

След това намираме:

$$C_3' = \frac{C_0 f_0^2}{l^2}$$

$$C_3 = C_р + C_н + C_3'$$

$$L_1 = L \frac{l^2}{m^2} \cdot \frac{C_2 + C_3}{C_2}$$

5. Ако донастройващият кондензатор е включен паралелно към бобината, то може да считаме, че $C_3 = 0$, тогава

$$C_2 = \frac{C_0 f_0^2}{n^2}$$

$$C_4 = \frac{C_0 f_0^2}{l^2 - n^2} \qquad L_1 = L \cdot \frac{l^2}{m^2}.$$

6. При изчисленията трябва да се вземат предвид не по-малко от пет знака.

За правилността на изчисленията следва да се направи проверка чрез следните формули:

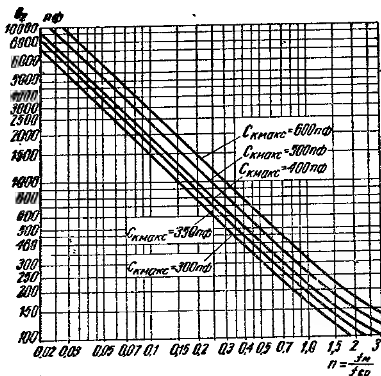
$$l^2 = \frac{C_0 f_0^2}{C_3' + \frac{C_2 C_4}{C_2 + C_4}} \qquad n^2 = \frac{C_0 f_0^2}{C_2 + C_3}$$

$$m^2 = \frac{C_0 f_0^2}{\frac{L_1}{L}\left(C_4 + \frac{C_2 C_3'}{C_2 + C_3'}\right)}.$$

7. Ако при изчисленията величината на C_2 се получава от порядъка на няколко хиляди пикофарада или повече, то, без да се отрази на точността, съгласуващият кондензатор C_2 може да се изключи от кръга.

8. След направените изчисления за определяне неточността в съгласуването в различните точки на обхвата се използува формулата:

$$\Delta f = f_{\text{обхв}} - m\sqrt{\frac{f^2_{\text{обхв}} + n^2}{f^2_{\text{обхв}} + l^2}}.$$



Фиг. 114. График за отчитане на капацитета C_2

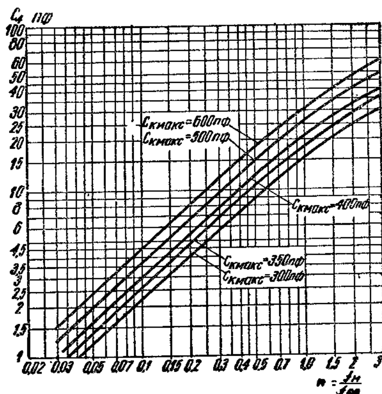
Като се вземат различни значения на $f_{\text{обхв}}$ в границите на $f_{\text{обхв мин}}$ — $f_{\text{обхв макс}}$, може да се построи зависимостта на Δf от честотите $f_{\text{обхв}}$.

Съгласуването се смята задоволително, ако най-голямото значение Δf не превишава $^1/_4$ ширината на пропусканата лента на входните кръгове на праемника.

Изчисленията за L_1, C_2, C_3 и C_4 трябва да бъдат направени поотделно за всеки обхват на приемника. Опростен начин за изчисляване на съгласуването може да се направи и по графици. В този случай схемата на кръговете (входен и хетероданен) трябва да бъде такава, както е показана на фиг. 113, където L е индуктивността на входния кръг; $C_р + C_п$ — капацитетът на монтажа и донастройващия кондензатор; $C_к$ — капацитетът на променливия кондензатор; L_1 — индуктивността на кръга на хетеродина; C_2 и C_4 — капацитетите на кондензаторите за съгласуване; C_3 — капацитетът на допълнителния кондензатор, включен в кръга на хетеродина за изравняване началните капацитети на двата кръга.

Първоначално се определя средната честота на обхвата

$$f_{\text{обхв ср}} = \frac{f_{\text{обхв макс}} + f_{\text{обхв мин}}}{2}.$$



Фиг. 115. График за отчитане на капацитета C_4

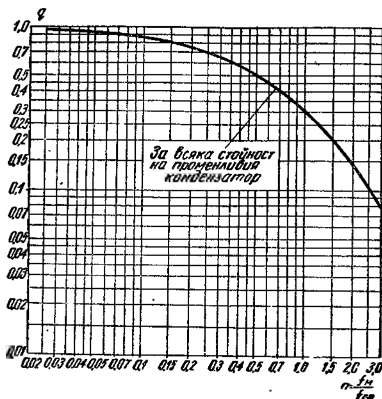
След това определяме отношението $\frac{f_м}{f_{ср}}$.

Изчисляваме капацитета

$$C_{\text{макс}} = C_{\text{к макс}} + (C_р + C_п),$$

където $C_{\text{к макс}}$ е максималният капацитет на променливия кондензатор.

След това по съответната крива на фиг. 114 се определя величината на капацитета C_3, по кривата на фиг. 115 — капацитетът C_4 и по кривата на фиг. 116 — спомагателният коефициент q, който позволява да се изчисли индуктивността $L_1 = q \cdot L$.



Фиг. 116. График за отчитане на индуктивността

з. Междинночестотни усилватели

Междинночестотният усилвател МЧУ е важна част от суперхетеродинния приемник, тъй като неговата работа определя най-съществените параметри на приемника: чувствителност, пропущана лента и избирателност. МЧУ служат за усилване на определена лента от честоти и максимално отслабване на всички останали честоти.

При определяне на междинната честота (МЧ) необходимо е да се ръководим от редица съображения, които се намират понякога във взаимно противоречие.

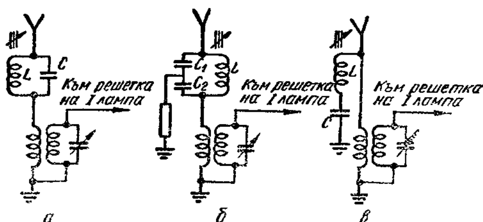
За подобряване на чувствителността на приемника по-целесъобразна е употребата на ниска междинна честота. При ниска МЧ може да се постигне и по-висока избирателност по съседен канал. Като се изхожда от тези съображения, по-изгодно ще бъде да се избере ниска МЧ.

Снижаването обаче на МЧ води до влошаване на избирателността на приемника по огледален канал. Пропущането на смущения по този канал е един от най-сериозните недостатъци на суперхетеродина.

Ограничение в избора на МЧ представлява и условието, което изисква тази честота не само да не попада в границите на целия приемен обхват, но и да лежи значително далеч от тях, не по-малко от 25—30 *кхц* от които и да било от приеманите честоти.

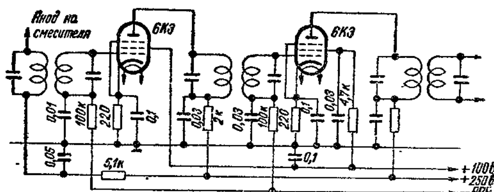
Съгласно БДС-1510-53 за дълги вълни са определени честоти от 150 до 400 *кхц* и за средни от 520 до 1560 *кхц*, т. е. свободен е участъкът от 400 до

520 *кхц*. По тази причина със същия стандарт е определена и МЧ 465 *кхц*, която се намира в средата на този участък и на не по-малко от 50 *кхц* разлика от всяка негова граница.



Фиг. 117. Схеми на филтри за междинна честота на входа на приемника

а и *б* — спиращи филтри; *в* — пропускащи филтри



Фиг. 118. Схема на МЧУ

Смущения предизвиква също и проникването на сигнали от станции върху решетката на преобразователната лампа, честотата на които е равна на междинната.

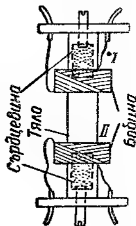
За отстраняване на смущенията от този род на входа на приемника се предвиждат филтри, настроени на МЧ и непропускащи до входа на преобразователя сигналите на смущаващите станции, които имат честота, равна на междинната. Употребяват се два вида филтри: спиращи и пропускащи. На фиг. 117 са показани такива филтри.

На фиг. 118 е показана схема на междинночестотен усилвател. За усилвателни лампи в такива усилватели се използуват изключително високочестотни пентоди. Тези лампи имат малък междуелектроден капацитет решетка-анод и затова дават възможност да се получи по-голямо усилване без опасност от

поява на самовъзбуждане в приемника. Коефициентът на усилването се определя по опростена формула:

$$K = \frac{U_2}{U_1} = S \cdot Z_{рез},$$

т. е. колкото е по-голяма стръмността S на характеристиката на лампата, толкова по-голямо е усилването. Тази формула е вярна, когато на решетката на лампата на следващото стъпало напрежението се подава непосредствено от резонансния кръг, включен в анодната верига на ладена лампа. Ако между две съседни лампи е използувана трансформаторна връзка, коефициентът на усилването на стъпалото е по-различен. Той зависи от конструкцията на междинночестотните трансформатори и степента на връзката между кръговете.



Фиг. 119. Конструкция на междинночестотен трансформатор

Настройката на МЧ кръгове може да се извърши по два начина: или чрез полупроменливи кондензатори, или чрез изменение индуктивността на бобината със сърцевини от високочестотни магнитни материали.

Най-голямо приложение са получили конструкциите на МЧ трансформатори, в които бобините на кръговете са разположени така, както е показано на фиг. 119.

Добрата и качествена работа на МЧУ зависи не само от правилния подбор на лампите, но и от качеството на МЧ кръгове, от избора на схемата за включване на тези кръгове, от степента на връзката помежду им. От тяхната доброкачественост зависи както чувствителността, така и избирателността на приемника.

Най често се използуват лентови МЧУ В тези усилватели се използуват филтри или трансформатори, състоящи се от два свързани помежду си кръга, настроени на МЧ. Многокръговите филтри поради сложността си не са получили широко разпространение.

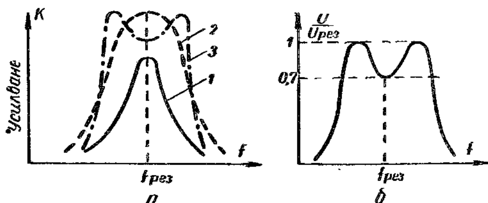
За качеството на двукръговия филтър се съди по резонансната му характеристика. Формата на резонансната характеристика се определя от качествения фактор (Q) на кръговете и степента на връзката между тях. На фиг. 120 са показани типични видове резонансни характеристики, които съответствуват на различни степени на връзка между кръговете на двукръговия МЧ филтър.

Крива *1* съответствува на слаба връзка и малко усилване. Крива *2* съответствува на критична връзка, при която усилването достига най-голямата възможна стойност Формата на тази крива се подобрява, като върхът ѝ малко се сплесква, а страните ѝ спадат стръмно. Крива *3* се отнася за случай на силна връзка между кръговете, когато в характеристиката се появява падина при резонансната честота и се образуват две гърбици. Падините и гърбиците зависят от коефициента на връзката между кръговете. По форма тази характеристика може да се приближи до идеалната, т. е. към правоъгълната.

Най-голямо приложение са получили двукръговите филтри с индуктивна връзка между бобините им. Коефициентът на връзката зависи от разстоянието между бобините. При слаба връзка незначителна част от енергията на първия кръг преминава във вторичния кръг. Тук усилването е малко. При увеличаване на връзката усилването расте и достига най-голяма стойност при определена най-подходяща величина на връзката, която се нарича критична. При

критичната връзка мощността на трептенията се изразходва по равно в двата кръга, поради което и усилването е двойно по-малко.

При връзка, превишаваща критичната, загубите, внасяни от втория кръг в първия, се оказват толкова големи, че общото усилване се намалява. Прието



Фиг. 120. Резонансни характеристики

а — при различна степен на връзка между кръговете; *б* — при максимално допустима връзка

е максимална допустима връзка да се смята, когато падината достига 0,7 от максималната височина на кривата (фиг. 120 *б*). Такава връзка дава най-изгодната форма на резонансната характеристика от гледна точка на избирателността. При всички степени на връзка между кръговете избирателността на лентовия усилвател ще бъде толкова по-добра, колкото по-голям е качественият фактор на кръга, тъй като страните на кривите са с по-голяма стръмност.

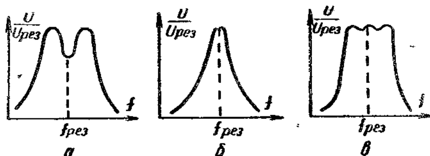
Употребата на кръгове с висок Q-фактор, особено за концертни приемници, не всякога е възможно, тъй като това довежда до рязко стесняване на пропусканата лента, а следователно и до големи честотни изкривявания. Това обстоятелство ограничава повишаването на Q-фактора на кръговете. Понякога за разширяване на пропусканата лента се налага изкуствено влошаване на кръговете, като се шунтират със съпротивление.

За получаване на кръгове с голям качествен фактор бобините им се правят от многожилен проводник — литцендрат. Добри МЧ кръгове, употребявани в концертните приемници, имат Q-фактор, равен на 80 ÷ 100.

За получаване на резонансна характеристика на МЧУ, близка до правоъгълната, се използва в първото МЧ стъпало силна връзка, в резултат на което получаваме крива с голяма падина (фиг. 121 *а*). Използването на резонансен кръг във второто стъпало, който има висок Q-фактор и се настройва точно на МЧ, дава крива, която има остра резонансна форма (фиг. 121 *б*). Резултантната резонансна крива получава форма, показана на фиг. 121 *в*. Такава система на МЧ филтри дава висока избирателност при добра пропускана лента.

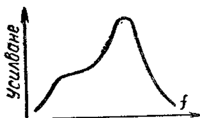
При неточна настройка на МЧ кръгове резонансната крива се деформира и получава вид, показан на фиг. 122. Такава разстройка може да се появи при замяна на усилвателна лампа, на която величината на капацитета решетка-катод не е същата както на заменената лампа, на която са били настроени

МЧ кръгове. За МЧ кръгове се подбира кондензатор с капацитет, който трябва да бъде в границите от 120 ÷ 300 пф. При такива капацитети на кондензаторите в МЧ кръгове разстройката вследствие на подменена лампа практически не се отразява върху работата на приемника.



Фиг. 121. Характеристики на междинночестотен усилвател с различни филтри в първото и второто стъпало

Най-голямо влияние върху деформацията на резонансната крива оказва последният кръг, натоварен с диодния детектор. Снижаването на Q-фактора на този кръг поради загуби, внасяни от диода, може да бъде причина за влошаване формата на характеристиката и особено ако кръгът на последния филтър е малко разстроен.



Фиг. 122. Несиметрична резонансна характеристика

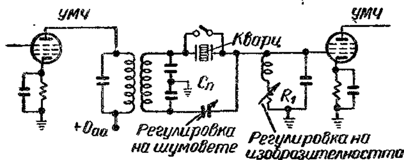
Регулиране на пропускаията лента. При приемане на слаби станции или при силни смущения желателно е приемникът да има по-голяма избирателност и тясна пропускателна лента, за да може да се отдели полезният сигнал и се намалят смущенията.

За регулиране на пропусканата лента се изменя степента на връзката между кръговете на МЧ филтри. Практически това става по два начина: чрез изменение положението на бобините една спрямо друга, което се осъществява посредством механическа система, или пък чрез употребата на допълнителна бобина за връзка, която се включва последователно в един от кръговете. Обикновено тази бобина се състои от една-две навивки, силно свързани с кръга. Такова регулиране позволява да се получават различни пропускателни ленти — тясна, средна и широка. Освен това чрез регулиране на междинната честота регулираме и честотната характеристика на НЧ усилвател, като със стесняване на пропусканата лента се изрязват високите честоти и, обратно, при разширяване на лентата се разширява честотната характеристика на нискочестотен усилвател в областта на високите звукови честоти.

Кварцови филтри. При необходимост от висока и регулируема избирателност на приемника в МЧУ се използуват кварцови филтри. Схема на МЧУ с кварцово стабилизиране на честотата е показана на фиг. 123. С изменение на съпротивлението R_1 се изменя в големи граници широчината на пропусканата честотна лента от 100 ÷ 5000 *хц*. МЧ кръгове, в които има включен

кварцов кристал за стабилизиране на честотата, се характеризират с много висок Q-фактор.

В МЧУ може да се появи самовъзбуждане, което се изразява във вид на пищене или изкривяване, съпровождащо приеманото предаване.



Фиг. 123. Схема на МЧУ с кварцов филтър

За избягване на самовъзбуждането монтажът на МЧУ се прави така, че между анодните и решетъчните вериги да са недопустими капацитивни и индуктивни паразитни връзки. Затова МЧ филтри се поставят в метални екрани, детайлите, влизащи в анодната верига, по възможност се отдалечават от детайлите в решетъчната верига. Проводниците на решетъчната верига се правят къси и разполагат перпендикулярно на проводниците в анодните вериги. Самовъзбуждането може да се появи не само в случай на връзка между анодната и решетъчните вериги на едно стъпало, но и при връзка на анодната верига на едно от последните стъпала с анодната или решетъчните вериги на първите стъпала. Мерки против такива самовъзбуждания са захранване електродите на лампите чрез развързващи филтри.

Причина за самовъзбуждане в МЧУ може да бъде по-високото напрежение на екраниращите решетки на лампите, в резултат на което усилването може да се получи ненормално високо.

Изчисление на междинночестотни усилватели:

При изчисляването на МЧУ обикновено се дават величините на: междинната честота $f_м$, пропусканата лента $2\Delta F$, коефициента на честотните изкривявания M, коефициента на усилването K_0, броя на кръговете m и величината на избирателността $d = \frac{1}{y}$ при разстройка Δf.

Необходимо е да се определят: типът на лампите, Q-факторът, параметрите на кръга L и C, коефициентът на връзката между кръговете K.

1. Избира се типът на лампата и по характеристиката ѝ се определя режимът на работа.

2. Определя се коефициентът на честотните изкривявания от една двойка кръгове:

$$M' \quad \sqrt[m]{M}$$

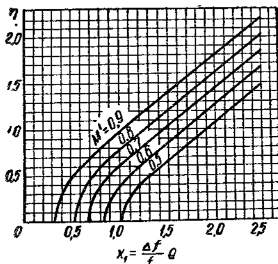
3. Определя се Q-факторът на кръговете при условие да се осигури пропусканата лента по графика на фиг. 124

При дадена величина на връзката $\eta = 0{,}5 \div 1{,}5$ намираме по кривата съответствувашия коефициент M'.

При пропускана лента $2\Delta F = 6 \div 7$ *кхц* значението на η се взема близко до единица. За по-широка лента следва да се вземе $\eta > 1$.

$$Q = \frac{f_0 x_1}{2\Delta F}$$

Величината на Q рядко превишава 100—150.



Фиг. 124. График на В. И. Сифоров за определяне Q-фактора на кръговете на филтъра

4. Прави се проверка, дали се удовлетворява избирателността при избрания параметър на η:

$$d = \left(\frac{\sqrt{(1 - x_2^2 + \eta^2)^2 + 4x_2^2}}{2\eta} \right)^m \quad \text{при} \quad \eta > 1.$$

$$d = \left(\frac{\sqrt{(1 - x_2^2 + \eta^2)^2 + 4x_2^2}}{\eta^2 + 1} \right)^m \quad \text{при} \quad \eta \leq 1,$$

където $x_2 = \dfrac{2\Delta F}{f_0} Q$, а Δf е значението на зададената разстройка (обикновено 10 *кхц*).

В случай, че величината d се получава по-малка от зададената, параметърът η следва да се измени и преизчисли Q.

5. Определя се капацитетът на кръга на филтъра от две условия:

а) максимално устойчиво усилване

$$C \geq 2Q\sqrt{\frac{C_{a2}S}{\omega_0}}$$

б) допустимото шунтиращо действие на вътрешното съпротивление иа лампата на кръга

$$C \geq \frac{4Q}{\omega Ri}.$$

От получените значения се взема най-голямото.

6. Определя се индуктивността на кръга:

$$L = \frac{2{,}53 \,.\, 10^{10}}{cf_0^2},$$

където L е изразено в *мкхн*, C – в пикофаради, f_0 — в *кхц*.

7. Намира се коефициентът на връзката между кръговете

$$k = \frac{n}{Q}.$$

8. Определя се коефициентът иа взаимната индукция

$$M = k \,.\, L.$$

9. Намира се резонансното съпротивление на кръга:

$$R_{рез} = \sqrt{\frac{L}{c}}\,Q\,.$$

Трябва да се има предвид, че последният филтър на МЧУ се шунтира от детекторното стъпало и затова не се препоръчва величината на $R_{рез}$ да превишава 100 ком. Ако полученото значение на $R_{рез} > 100$ ком, трябва да се направи преизчисляване след точка 5 включително по пътя на увеличаваие на капацитета на кръга C.

10. Изчислява се коефициентът на усилването:

$$K_0 = \left(\frac{\eta}{\eta^2 + 1}SR_{рез}\right)^{m-1}$$

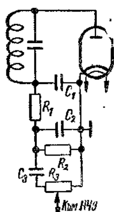
Ако полученото значение на K_0 се окаже по-малко от зададеното, трябва да се вземе лампа с по-голяма стръмност и направи наново изчислението.

н. Лампови детектори

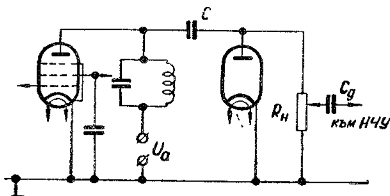
Употребяват се следиите видове лампови детектори: диоден, решетъчен, аноден и катоден.

Диоден детектор. Диодното детектиране е едно от най-простите и най-разпространено детектиране. Употребяват се две схеми на диодно детектиране: последователна и паралелна.

На фиг. 125 е показана последователна схема на детектиране. Източникът на променливия ток, диодът и товарът на детектора се съединяват последователно. Тя се използува, когато постоянната съставна на тока на детектора може да преминава през източника на променливия ток.



Фиг. 125. Схема на диоден детектор



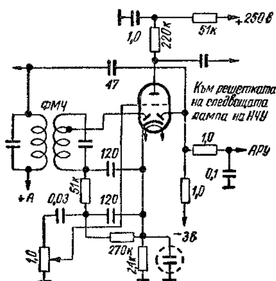
Фиг. 126. Схема на паралелно детектиране

На фиг. 126 е показана паралелна схема на детектиране. Източникът на променливия ток, диодът и товарът на детектора са съединени паралелно. Тя се използува, когато постоянната съставна на тока на детектора не трябва да преминава през източника на променливия ток.

Диодното детектиране има малки нелинейни изкривявания, допуска претоварване и удобно съчетаване със схеми за автоматично регулиране на усилването.

Недостатъци на диодното детектиране са неговото относително ниско входно съпротивление, което товари последния филтър на МЧ и понижава избирателността, и изискването на по-високо входно напрежение.

В практиката често се използуват комбинирани лампи с диоди и триоди или диоди и пентоди. На фиг. 127 е показана схема с лампа двоен диод-триод. Тук една и съща лампа изпълнява функциите на детектор, отделен детектор за АРУ и предварително усилване на ниската честота.



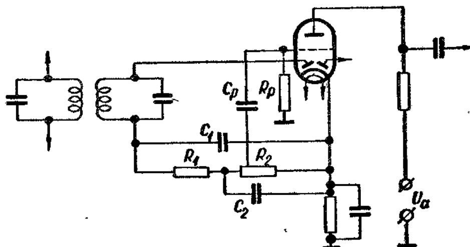
Фиг. 127. Практическа схема на диоден детектор с използуване на двоен диод-триод

Изчисляване на диоден детектор:

1. Избира се типът на лампата. Най-често употребявани лампи в приемниците за детектиране са: 6Х6, 6Г2, 6Г7, 6Г8, EB4, EBC3, EBL1, EBL21 EABC80 и др. Изчисленията ще се направят по схемата на фиг. 128.

2. Определя се величината на входното съпротивление на детектора. За запазване на симетричността на резонансната крива на МЧУ е необходимо входното съпротивление на детектора незначително да шунтира втория кръг на лентовия филтър:

$$R_{вх} > (3 \div 4)\, R_{рез}$$



Фиг. 128. Схема на диоден детектор

3. Определя се общото товарно съпротивление на детектора:

$$R_т = R_1 + R_2 - 2R_{вх}$$

4. Дава се стойността на утечното съпротивление на следващото стъпало на усилвателя на ниска честота в границите $R_р = 0{,}5 \div 3$ *мгом* и се определя величината на съпротивлението R_2:

$$R_2 - \frac{R_р}{6 \div 8}$$

5. Намира се съпротивлението R_1:

$$R_1 = R_т - R_2$$

6. Намира се стойността на блокиращия капацитет C от условието за допустимите нелинейни изкривявания:

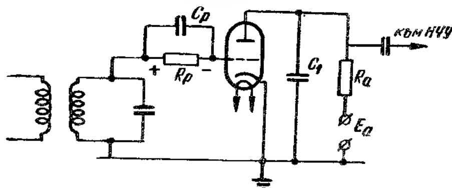
$$C = \frac{1{,}5 \cdot 10^2}{\omega \cdot R_т} \; [пф]$$

7. При дадена стойност на капацитета на филтриращия кондензатор C_1 се намира величината на капацитета на блокиращия кондензатор:

$$C_2 = \frac{C - C_1}{\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)^2}$$

8. Стойността на разделителния кондензатор C_p се определя от условието за допустимите честотни изкривявания в областта на ниските честоти:

$$C_p \geq \frac{1}{\omega R_p \sqrt{M_т^2 - 1}}$$



Фиг. 129. Схема на решетъчен детектор

9. Амплитудата на напрежението на носещата честота $U_н$ се определя от следните съображения: За получаване на линейно детектиране е необходимо най-малкото значение на амплитудата на модулираните трептения $U_{мин}$ при най-голямо значение на коефициента на модулацията m да бъде не по-малко от $0{,}3 \div 0{,}5$ *в*:

$$U_{мин} = U_н (1 - m_{макс})$$

$$U_m = \frac{U_{мин}}{1 - m}$$

Приемайки $m_{макс} = 0{,}9$ и $U_{мин} = 0{,}3\, b$, получаваме $U_m \approx 3\, b$.

10. Определя се величината на коефициента на връзката с детектора. Приемайки $K_d \approx 0{,}9$, полезното напрежение на ниската честота се получава от R_2, затова действителното значение на K_d ще бъде малко по-малко.

$$K'_d = 0{,}9 \frac{R_2}{R_т}$$

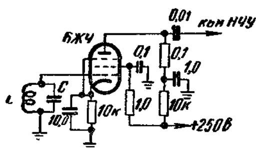
Решетъчен детектор. Решетъчното детектиране се основава на използуването на нелинейността на характеристиката на решетъчния ток. На фиг. 129 е показана схема на решетъчен детектор. При решетъчното детектиране в една лампа става и детектирането и усилването на сигналите с ниска честота. Детектирането на сигналите става в решетъчната верига.

Решетъчното детектиране намира обикновено приложение в линейните приемници при схеми с обратна връзка, но изобщо малко се употребява. Решетъчният детектор има висока чувствителност, но дава и големи нелинейни изкривявания, не понася претоварване.

При подбора на лампата за решетъчен детектор трябва да се има предвид, че лампата с малък μ и малка стръмност S може да работи при по-силни сигнали, но дава по-малко усилване. Стойностите на R_p и C_p се подбират

така, както и при диодния детектор. Кондензаторът C_1 трябва да има малко съпротивление за високите честоти и голямо за ниските, обикновено 1000—2000 *пф*.

Аноден детектор. При анодното детектиране се използува нелинейността на решетъчната характеристика на анодния ток.

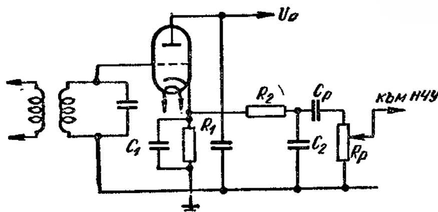


Фиг. 130. Схема на аноден детектор с лампа 6Ж4

Анодният детектор има голямо входно съпротивление, но въпреки това внася по-големи нелинейни изкривявания, отколкото диодният детектор. Не понася претоварвания и намира приложение главно в телевизионните приемници и измерителните апаратури.

На фиг. 130 е показана схема на аноден детектор. Работната точка се избира на долната кривина на характеристиката. Препоръчително е да се използува автоматично преднапрежение. Катодният кондензатор трябва да пропуска както ниските, така и високите честоти. Паралелно на електролитния кондензатор е желателно да се включва слюден кондензатор.

Катоден детектор. Катодният детектор е разновидност на анодния детектор и се отличава от него по това, че товарното съпротивление се включва в катодната верига. На фиг. 131 е показана схема на катоден детектор. Величината на товарното съпротивление R_1 се избира така, че работната точка на лампата да се измести на нелинейния участък на характеристиката. Съпротивлението на кондензатора C_1 за високочестотните токове трябва да бъде значително по-малко, отколкото R_1. Съпротивлението R_2 и кондензаторът C_2 образуват филтър, чрез който се отфилтрува високочестотната съставна на напрежението, което се появява на товарното съпротивление на катодния детектор.



Фиг. 131. Схема на катоден детектор

Катодният детектор има голямо входно съпротивление и внася малки нелинейни изкривявания, не понася претоварване. Няма възможност да се получи напрежение за автоматично регулиране на чувствителността.

Полупроводникови детектори

В последно време започнаха да се използуват в радиоприемниците полупроводниковите диоди за детектиране, които имат следните предимства пред ламповите: нямат нужда от отопление, малки размери, малък капацитет между електродите, по-голяма стръмност на характеристиката, по-издръжливи на механически влияния.

Като недостатъци на полупроводниковите детектори могат да се посочат: зависимост от околната температура, относително невисоко и непостоянно обратно съпротивление. Входното съпротивление е по-малко, отколкото при ламповите диоди. При малки входящи напрежения под 80 *мв* могат да се появят големи нелинейни изкривявания за сметка на обратния ток.

Изборът на полупроводниковите диоди за амплитуден детектор, честотен детектор и изправител на АРУ трябва да става по най-голямата стойност на вътрешното и обратното съпротивление.

Полупроводниковите диоди намират все по-голямо приложение в приемниците на сантиметрови вълни, в телевизионните приемници и в други радиотехнически апаратури.

к. Автоматично регулиране на усилването (АРУ)

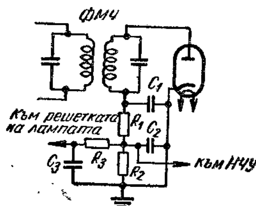
С цел за опростяване обслужването на радиоприемниците и подобряване сигурността на връзката почти във всички приемници се прави автоматично регулиране на усилването, с помощта на което нивото на сигнала на изхода се поддържа почти постоянно при значително изменение на входящия сигнал.

Автоматическо регулиране на усилването се извършва, като част от изходящото напрежение се изправя и подава като отрицателно напрежение на управляващите решетки на лампите в усилвателя на висока и този на междинна честота, които имат удължена характеристика и променлива стръмност. Когато изходящото напрежение се увеличи, увеличава се и постоянната съставна на изправения ток, отрицателното напрежение се увеличава, а стръмността и усилването намаляват. При намаляване на изходящото напрежение се извършва обратният процес.

Определянето броя на регулируемите стъпала зависи от типа и предназначението на приемника. Колкото повече стъпала обхваща АРУ, толкова по-добра ще бъде АРУ. Понякога се налага за по-целесъобразно да не се засягат някои стъпала от действието на АРУ. Това се отнася за преобразувателите не честотата, в които при изменение на преднапрежението на управляващата (сигнална) решетка неизбежно предизвиква изменение на хетеродинната честота. В преобразувателните лампи от по-нов тип това вредно влияние от изменението на преднапрежението на честотата на хетеродина е значително намаляло, така че тези лампи могат да се подлагат на действието на АРУ. Но все пак в приемниците с високо качество, които имат къси вълни под 30 м, не се препоръчва да се подава напрежение на АРУ на преобразувателните лампи.

При радиоприемниците с малък брой на лампите за получаване на достатъчно ефективно АРУ се налага да се подава регулиращо напрежение на всички лампи във високата и междинната честота. За осигуряване на добра работа на АРУ е необходимо при изменение на регулиращото напрежение на управляващите решетки на регулируемите лампи, напрежението на екранните решетки и изходното преднапрежение не се изменят. Напрежението на екранните решетки на регулируемите лампи може да бъде независимо от ра-

ботата на АРУ, ако това напрежение се подава чрез делители на напрежения, при които общият ток е от $3 \div 5$ пъти по-голям от тока на екранната решетка на лампата.



Фиг. 132. Схема на автоматично регулиране на усилването (АРУ)

За получаване отрицателно преднапрежение на решетките на регулируемите лампи, независещо от работата на АРУ, понякога се използва падението на напрежението, предизвикано от общия ток на приемника в съпротивление, включено в общия минус на токоизправителя, което едновременно служи и за напрежение на задръжката.

Проста схема на автоматично регулиране на усилването. На фиг. 132 е показана проста схема на АРУ. Постоянната съставна на напрежението, което възниква на товарното съпротивление на детектора чрез филтъра R_3C_3, се дава на решетките на лампите, обхванати от АРУ.

Времеконстантата на филтъра на АРУ се избира от порядъка на $0{,}05 \div 0{,}2$ за конвертни приемници. Например при съпротивление 1 *мгом* и кондензатор 0,1 *мкф* времеконстантата е равна на 1 *мгом* × 0,1 *мкф* = 0,1 сек. Другите елементи се определят както за диодния детектор.

Съществен недостатък на простата схема на АРУ е намаляването на коефициента на усилването на стъпалата не само при приемане на силни сигнали, но и при приемане на слаби сигнали, което предизвиква понижаване чувствителността на приемника.

Автоматическо регулиране на усилването със задръжка. На фиг. 133 е показана схема на АРУ със задръжка. Напрежението на задръжка се подава едновременно на всички регулируеми лампи. То се предизвиква от общия ток, който протича през съпротивлението R_4.

Времеконстантата на филтъра на АРУ трябва да има такава величина, че АРУ да действува достатъчно бързо и в същото време да има достатъчно затихване за звуковите честоти.

За телефонните приемници времеконстантата на АРУ се взема:

$$\tau_ф \doteq C_ф \cdot R_ф = 0{,}02 - 0{,}2 \text{ сек.}$$

За телеграфни приемници:

$$\tau_ф - 0{,}01 - 1 \text{ сек.}$$

За избягване на самовъзбуждане на регулируемите стъпала се включват допълнителни филтри $R_ф$ $C_ф$ с времеконстантата:

$$\tau_{ф_1} - C_{ф_1} \cdot R_{ф_1} = 0{,}1\tau_ф.$$

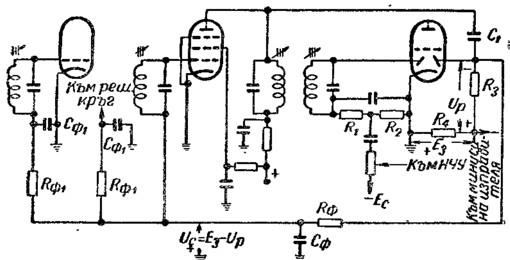
Стойността на кондензатора на допълнителния филтър се определя

$$C_{ф_1} \geqq 100\, C_{вх},$$

където $C_{вх}$ е входящият капацитет на лампата.

За повишаване на входното съпротивление на изправителя на АРУ товарното съпротивление се взема $1 \div 1{,}5$ *мгом*, а капацитетът C_1 – от $50 \div 100$ *пф*. Входното съпротивление на изправителя на АРУ е равно

$$R_{вх} \approx \frac{1}{3} R_з .$$



Фиг. 133. Схема на АРУ със задържане

Изправителят на АРУ се включва на първия кръг на филтъра, а детекторът на втория кръг. Такова включване дава по-равномерно шунтиране на кръговете на филтъра и се получава относително еднакво затихване на кръговете, което повишава устойчивостта на формата на резонансната крива на филтъра при евентуални разстройки на кръговете.

За опростяване схемата на комутацията на високочестотните кръгове и недопускане прекъсване в решетъчните вериги на АРУ и преднапреженнето често се използува схемата на фиг 134.

Капацитетът на C_2 се определя:

$$C_2 \geq 20\ C_{вх}$$

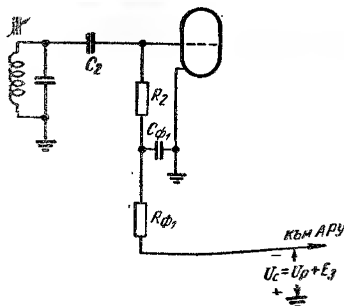
Съпротивлението R_2 се избира такова, че да не шунтира много кръга.

$$R_2 \geq 10\ R_{к\,макс}$$

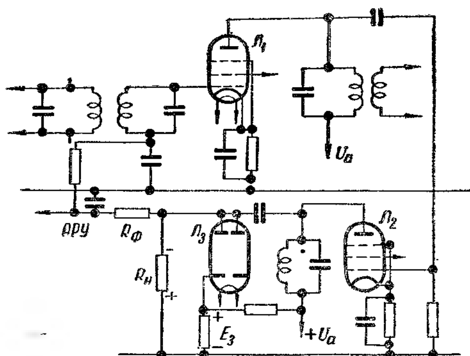
Усилено автоматично регулиране на усилването. Възможни са две основни схеми на усилено АРУ; схема на усилване на постоянното напрежение, получавано на изхода на детектора на АРУ, и схема с допълнително усилване трептенията на МЧ до детектора на АРУ.

На фиг. 135 е показана схема на АРУ с допълнително усилване на трептенията на МЧ с лампа $Л_2$.

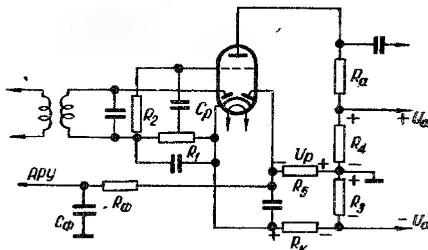
На фиг. 136 е показана схема на АРУ с усилване на постоянно напрежение. Тази схема се използува, когато в приемника е нежелателно да се включва допълнително лампа. За усилване регулиращото постоянно напрежение се използува първата лампа на усилвателя на ниска честота.



Фиг. 134 Схема за подаване на решетката на лампата напрежение от АРУ и преднапрежение



Фиг. 135. Схема на усилено АРУ



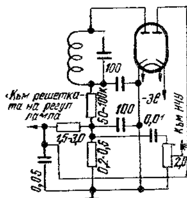
Фиг. 136. Схема на АРУ с усилване на постоянното напрежение

На решетката на НЧУ се подава не само полезното напрежение на ниската честота през кондензатора $C_р$, но и постоянното отрицателно напрежение от товарното съпротивление на детектора R_1 чрез съпротивлението R_2.

Напрежението на съпротивление R_3 се избира така, че вторият диод да работи в режим на задържане

$$U_з = U_к + U_{R_3}$$

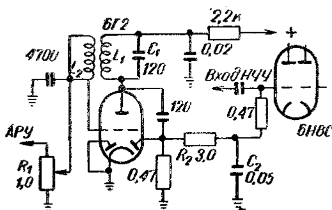
Безшумно автоматично регулиране на усилването (безшумна настройка). При приемане сигналите на силните станции АРУ намалява чувствителността на приемника толкова, че той практически почти съвършено не приема различните видове смущения. Все пак при настройката на приемника от една станция на друга АРУ рязко повишава неговата чувствителност, в резултат на което той приема смущения, създаващи силни, неприятни шумове и пукания. За намаляване на тези смущения се употребява безшумната настройка. Нейното действие се състои в това, че напълно или частично се запушва усилвателят на ниска честота, когато няма силни сигнали, и го отпушва, когато приемникът приема сигнали, превишаващи някакво предварително установено ниво.



Фиг. 137. Схема на безшумно АРУ със задържане

На фиг. 137 е показана схема на безшумна настройка. Употребяват се схеми на безшумна настройка, където не се запушва НЧУ, а детекторът на сигнала. Тези схеми имат недостатъка, че при приемане на сигнали със средна сила управляващото напрежение може да има някаква средна стойност и управляващият усилвател да се окаже в междинно състояние, при което приемането да бъде със силни изкривявания.

За избягване на това неприятно явление е необходимо преходът на управляващия усилвател от запушено състояние в отпушено при изменение силата на приеманите сигнали да става не постепенно, а скокообразно. За тази цел може да се използува спускова схема, широко употребявана в импулсната радиотехника.

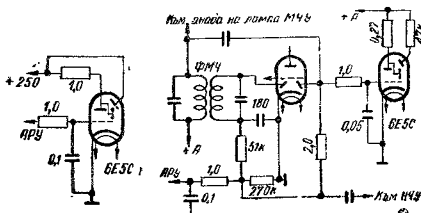


Фиг. 138. Схема на включване индикатора на настройката 6Е5С

На фиг. 138 е показана схема на безшумна настройка. Триодната част и кръга L_1C_1 и бобината за обратна връзка L_2 образуват генератор, който работи на честота 2 *мгхц*. Установяването прага на задействуване на безшумната настройка се извършва с потенциометър R_1.

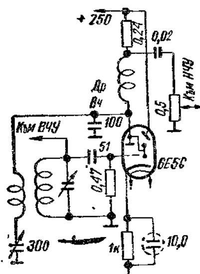
л. Индикатор на настройката

Точната настройка на приемниците на слух е трудна и при неточна настройка се получават изкривявания. За облекчение на настройката на приемниците се употребяват индикатори на настройката.

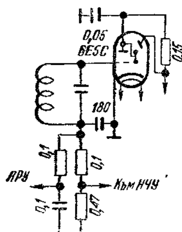


Фиг. 139. Схема на включване на индикатора 6Е5С за повишаване на чувствителността

Съществуват голям брой индикатори на настройка. Един от първите индикатори е бил милиампермер, включен в анодната верига на детекторната лампа. При резонанс той показва максимално отклонение. След това се появиха нео-



Фиг. 140. Схема за използване на лампа 6Е5С в решетъчен детектор



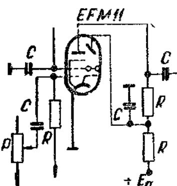
Фиг. 141. Схема за използване на индикатора 6Е5С в диоден детектор

новите индикатори, които при резонанс светят най-силно. Сега най-голямо приложение имат електроннолъчевите индикатори на настройка.

На фиг. 139а е показана схема на включване индикатор на настройка 6Е5С, която дава добри резултати само при приемане на силни сигнали в приемниците, където АРУ работи недостатъчно ефективно. По-чувствителна схема за включване на индикатора за настройка е показана на фиг. 139 б. Недостатък на тази схема е, че малко намалява яркостта на екрана на 6Е5С.

В линейните приемници с малък брой на лампите лампата 6Е5С може да се използува като детектор и индикатор на настройката (фиг. 140).

В приемници, които имат достатъчно усилване до детектора, лампата 6Е5С може да се използува едновременно като диоден детектор и като индикатор на настройката (фиг. 141).

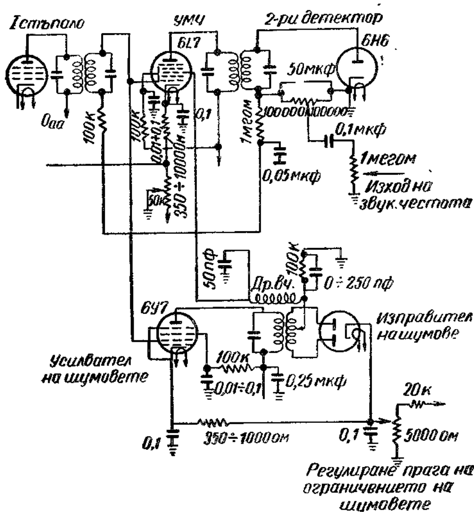


Фиг. 142. Схема на индикатор на настройка с лампа EFM11

На фиг. 142 е показана схема на индикатор на настройка с лампа EFM11— комбиниран пентод с индикатор на настройката, която се използува като такъв в нискочестотните усилватели.

м. Потискане на смущенията

В повечето случаи смущенията и полезният сигнал преминават през общия основен канал. Затова отслабване действието на смущенията без съществено изкривяване на полезния сигнал е възможно в тези случаи, когато смущенията и полезният сигнал имат съществени различия в своите свойства.



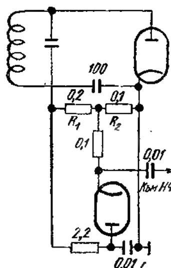
Фиг. 143. Схема за регулиране прага на ограничението на шумовете

За намаляване на шумовете се прилагат специални схеми за потискане на смущенията от импулсен характер.

На фиг. 143 е показана схема, в която решетката на усилвателната лампа 6J7 от спомагателния усилвател на междинна честота — усилвател на смущения, е съединена с решетката на последната усилвателна лампа за МЧ — 6L7, подаваща изходящото напрежение на спомагателния изправител. Постоянната съставна на изхода на този спомагателен изправител се подава като преднапре-

жение на третата решетка на лампата 6L7, която работи като усилвателна лампа на МЧ. При съответно регулиране може да се получи, че напрежението на смущенията, имащо амплитуда ,по-голяма от амплитудата на приеманния сигнал, ще създава преднапрежение, достатъчно за запушване на последната лампа на МЧУ, в резултат на което приемникът ще бъде изключен от работа през време на действието на смущенията. Макар и да се внасят някои изкривявания, все пак приемането е по-добро, отколкото ако то е без потискане на смущенията.

На фиг. 144 е показана схема на по-прост и по-неефективен ограничител на смущенията. Ограничението се прави на ниво 100 % модулация. Изменяйки съотношението на съпротивленията R_1 и R_2, може да се понижи нивото на ограничаването. При този начин на ограничаване смущенията се намаляват, но при силни сигнали приемането е съпроводено с изкривявания.

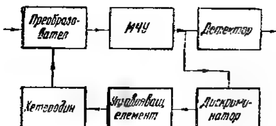


Фиг. 144. Схема на амплитуден ограничител на смущенията

н. Автоматична донастройка на честотата

Величината на МЧ в суперхетеродинния приемник се определя от разликата в честотите на приеманите сигнали и трептенията на местния хетеродин ($f_м = f_х - f_с$).

Непостоянството на една от тези честоти предизвиква изменение на МЧ и разстройка на МЧУ. Освен това трудностите по точната настройка на приемниците с АРУ, а също и затрудненията, предизвикани от измененията на честотата на хетеродина при приемане на къси вълни, могат да бъдат отстранени чрез автоматично изменение на честотата на хетеродина така, че да се получи точна междинна честота.



Фиг. 145. Блокова схема за автоматично регулиране на честотата

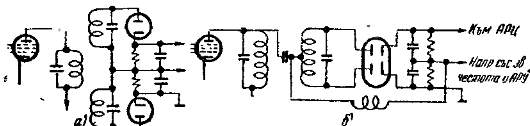
На фиг. 145 е показана блокова схема на автоматично регулиране на честотата. Тя се състои от две основни части: дискриминатор и управляващ елемент. Дискриминаторът създава постоянно напрежение с величина, пропорционална на разликата между фактически действуващата МЧ и установеното за нея значение. Това напрежение се дава за управляване на реактивната лампа, която въздействува на хетеродина и съответно изменя честотата му.

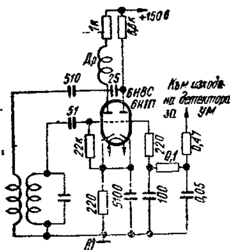
Най-често употребявани схеми за автоматично регулиране на честотата са показани на фиг. 146.

Използването на автоматично регулиране на дълги и средни вълни е целесъобразно само в телеграфните приемници, които имат тясна пропускателна лента, а също и в приемниците с фиксирана настройка. В късовълновите

приемници при силен фадинг приемникът може автоматически да се пренастрои на друга станция.

При настройка на автоматичното регулиране на честотата е необходимо да се обърне внимание на правилния подроб на полярността на постоянната





Фиг. 146. Схеми за автоматично регулиране на честотата

съставна на изходящото напрежение на честотния детектор. Изменение полярността на регулиращото напрежение може да се извърши чрез превключване краищата на намотките на МЧ трансформатор, използван в честотния детектор.

о. Приемане на телеграфни сигнали

Немодулираните радиотелеграфни сигнали може да се приемат на слух само ако те бъдат превърнати в звукови сигнали с един или друг тон.

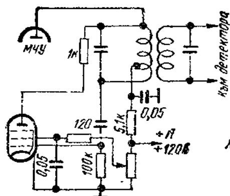
Получаването на звуковия сигнал може да се извърши с употребата на специален местен хетеродин. Неговите трептения създават с приеманите високочестотни сигнали биене, след детектирането на което се получават сигнали със звукова честота. Честотата на тези биения в суперхетеродинните приемници е равна на разликата между честотата на телеграфния хетеродин и междинната честота на приемника. По такъв начин тонът на приеманите телеграфни сигнали може да се изменя по желание, изменяйки честотата на телеграфния хетеродин или честотата на хетеродина на преобразователното стъпало, т. е. леко изменяйки настройката на приемника.

Ако приемникът едновременно приема различни сигнали на няколко различни честоти, то те създават звукови сигнали с различен тон, което позволява да се отделя от тях на слух желаният сигнал.

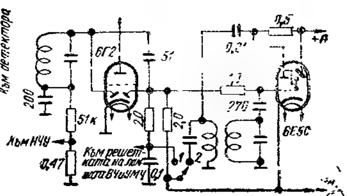
На фиг. 147 е показана схема, в която първият кръг на последния МЧ филтър се използува едновременно и като кръг на генератора. Величината на обратната връзка в генератора се регулира чрез изменение напрежението на екранната решетка. За приемането на телеграфни сигнали стъпалото се довежда в режим на генериране.

На фиг. 148 е показана схема на превключване лампата 6Е5С за приемане на телеграфни сигнали.

Друг начин за приемане на телеграфни сигнали е използуването в приемника модулатор, на който се подава напрежението от местния генератор на зву-

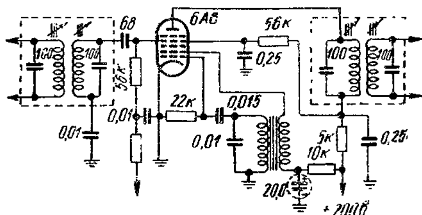


Фиг. 147. Схема за приемане на телеграфни сигнали на слух



Фиг. 148. Схема за използуване на лампа 6Е5С за телеграфия

кови трептения. Преминавайки през модулатора, приеманите високочестотни сигнали се модулират със звукова честота и след детектирането дават на изхода звукови телеграфни сигнали.



Фиг. 149. Схема на модулатор на телеграфни сигнали.

За разлика от хетеродинния начин приеманият в този случай тон на слушаните телеграфни сигнали се определя от честотата на модулацията на местния звуков генератор и не зависи от честотата на приеманите сигнали и от честотата на хетеродина на преобразователното стъпало.

Тоновата модулация на високочестотните колебания в приемника може да се извърши чрез подаване на напрежения от звуковия генератор на един от електродите на коя да е лампа от ВЧ и МЧ стъпала на приемника.

На фиг. 149 е дадена схема с лампа 6А8, която едновременно се използува както за МЧУ, така и за звуков генератор. Лампите 6А7 и 6А10С не бива

да се използуват, тъй като имат голям капацитет анод-решетка и може да се получи неустойчива работа на усилвателя.

п. Радиоприемници за честотна модулация

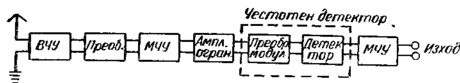
С развитието на радиоприемната техника се повишиха и изискванията към чувствителността, избирателността и пропусканата лента. Повишаването обаче както на чувствителността, така и на пропускателната способност се ограничава от различни видове смущения на радиоприемането.

С увеличаване коефициента на усилването на приемника и разширяване на пропусканата лента възприемчивостта му към смущенията нараства, а следователно реалната чувствителност се намалява.

Теоретическите и практическите изследвания показват, че използването на честотна модулация за предаване на сигнали в значителна степен отслабва действието на смущенията на радиоприемника и повишава неговата реална чувствителност. При използуване на честотната модулация се подобрява съотношението сигнал/шум на изхода на приемника повече от 100 пъти в сравнение с амплитудната модулация.

Високата шумоустойчивост на честотната модулация е едно от основните нейни качества.

Особености на УКВ приемници за ЧМ. Приемниците за честотна модулация или, както често ги наричат, УКВ-ЧМ приемници за радиоразпръскване



Фиг. 150. Блокова схема на УКВ-ЧМ приемник

се отличават от обикновените приемници за амплитудно модулирани (АМ) сигнали.

На фиг. 150 е показана блокова схема на УКВ-ЧМ приемник. Основната особеност на този приемник в сравнение с приемника за амплитудно-модулирани сигнали е замяната на амплитудния детектор с честотен детектор, който преобразува честотномодулираните трептения в трептения с честота на модулацията.

Друго различие между УКВ приемник за ЧМ и приемник за АМ е амплитудният ограничител, който се използува при УКВ-ЧМ приемниците за отстраняване на амплитудните изменения на сигнала и по такъв начин напрежението на изхода на честотния детектор се явява само в резултат на честотната модулация и неговото входящо напрежение. Непостоянството на амплитудата на входящото напрежение на преобразователя на модулацията може да се появи под действието на смущенията или в резултат на честотни изкривявания в предшествуващите стъпала на приемника, вследствие на което честотномодулираният сигнал, преминавайки през тези стъпала, получава амплитудна модулация.

Усилването на сигнала от антената до амплитудния ограничител трябва да бъде такова, че да обезпечи на входа на ограничителя да има достатъчно напрежение на сигнала ($2 \div 3$ в). За всеки амплитуден ограничител е харак-

терво, че прагът (нивото) на ограничението започва с определена минимална амплитуда на входящото напрежение. Минималната амплитуда на сигнала на изхода на усилвателя на междинна честота трябва да превишава с малък запас това ниво.

Пропусканата лента на стъпалата на приемника, предхождащи ограничителя, трябва да съответствува на ширината на спектъра на честотномодулирания сигнал. Големи честотни изкривявания в тези стъпала са недопустими. При честотни изкривявания се изменя съотношението между отделните съставящи спектъра на сигнала, което довежда, от една страна, към появяване на паразитна амплитудна модулация на сигнала, а от друга, към изменение характера на честотната модулация.

Паразитната амплитудна модулация на сигнала се отстранява чрез ограничителя. Все пак дълбоката амплитудна модулация изисква значително повишение на средното напрежение на сигнала на ограничителя, тъй като неговата минимална амплитуда трябва да бъде по-висока от прага на ограничителя. Изменението на характера на честотната модулация предизвиква изкривяване на изходящото напрежение на приемника.

За намаляване изкривения сигнал в усилвателя на междинна честота и честотния детектор понякога се употребява отрицателна обратна връзка, обхващаща МЧУ и ВЧУ. За създаване на тази обратна връзка напрежението на звуковата честота се подава от изхода на детектора на употребения за тази цел в схемата на приемника регулатор на честотата на хетеродина, който е подобен на регулатора за автоматична донастройка. Регулаторът на честотата създава под действието на подаваното му нискочестотно напрежение честотна модулация на хетеродина. Фазата на честотната модулация на хетеродина е противоположна на фазата на модулацията на приемания сигнал. Установява се съответен избор на фазата на нискочестотното напрежение на входа на регулатора на честотата.

Честотната модулация като правило се използува в обхвата на ултракъсите вълни. Нашата страна е възприела честотния обхват от 66 до 73 *мгхц*, който обхват е възприет от болшинството от членовете на международната организация по радиоразпръскване ОИРТ. Пропусканата честотна лента на УКВ-ЧМ приемника е от 200 до 300 *кхц*. Съгласно стандарта на ОИР максималното отклонение на честотата $\Delta f_c = 75$ *кхц* или 50 *кхц*, което и определя пропусканата лента.

Отслабването на сигнала при разстройка $\Delta f_c = 520$ *кхц* трябва да бъде не по-малко от 10 пъти на входа на детектора. За осигуряване на такова отслабване на приемането на станции, които имат $\Delta f_c = 50$ *кхц*, е достатъчно МЧУ да има три кръгови филтъра, настроени на една честота. При приемането на станция, която има $\Delta f_c = 75$ *кхц*, трябва или да се увеличат еднокръговите филтри, или да се заменят с двукръгови такива при критична връзка.

Междинната честота на УКВ-ЧМ приемници се избира над 4 *мгхц*, като обикновено бива 8,4 *мгхц* или 10,7 *мгхц*.

За повишаване шумоустойчивостта на УКВ-ЧМ приемници изискванията към отслабването на приеманите смущения във високочестотния канал могат да бъдат така строги, както в приемниците за АМ. Така отслабването при приемане на съседен канал, т. е. при разстройка $\pm 250 \div 300$ *кхц*, трябва да бъде 26—30 *дб*.

Отслабването на приемането по съседен канал се дължи както на избирателните свойства на МЧУ, така и на разстройката на кръговете на честотния детектор. Затова при изчисляване на МЧУ може да се допусне, че отслабва-

нето на приемането по съседен канал може да бъде 6—10 *дб* по-малко, отколкото показаното за целия високочестотен канал.

Неравномерността на усилването в границите на пропусканата лента за междинночестотния канал трябва да бъде не повече от 3 *дб*, при което тази неравномерност влияе на величината на нелинейните изкривявания на приемания сигнал. При фиксирана настройка на входящите кръгове неравномерността на коефициента на връзката не трябва да бъде повече от 3 *дб* в границите на УКВ-ЧМ обхвата (66—73 *мгхц*).

Суперхетеродинните УКВ-ЧМ приемници трябва не само да имат висока стабилност на честотата, но и не трябва да имат паразитна честотна модулация, затова е необходима сигурна защита на хетеродина от механични сътресения, акустични трептения, пулсации на захранващите напрежения и други фактори, които могат да предизвикат паразитна честотна модулация.

Автоматичното регулиране на усилването в УКВ-ЧМ приемници също се използва, но то е по-маловажно поради наличието на ограничителя, отколкото при приемниците с АМ. Обикновено автоматичното преднапрежение се получава от съпротивлението в решетъчната верига на ограничителя.

Комбинирани приемници за АМ/ЧМ. Понякога освен нормалните вълнови обхвати приемникът има и обхват на ултракъси вълни. Това се прави от технико-икономически съображения.

В комбинираните приемници за амплитудна и честотна модулация токозахранването и нискочестотните стъпала са общи за двата вида модулации.

Междинночестотните филтри най-често са комбинирани, като за различните междинни честоти се превключват последователно в анодната и решетъчната верига на лампите. Те обикновено се поместват в една и съща ширмовка. Поради голямата разлика в междинните честоти за амплитудна и честотна модулация последователното включване на МЧ филтри не нарушава нормалната работа на приемника. Трептящият кръг на канала за амплитудна модулация представлява малко капацитивно съпротивление за междинната честота на канала на честотна модулация и, обратно, кръгът на честотната модулация е малко индуктивно съпротивление за канала на амплитудната модулация.

Детекторното стъпало чрез просто превключване може да се използува както за амплитудна, така и за честотна модулация.

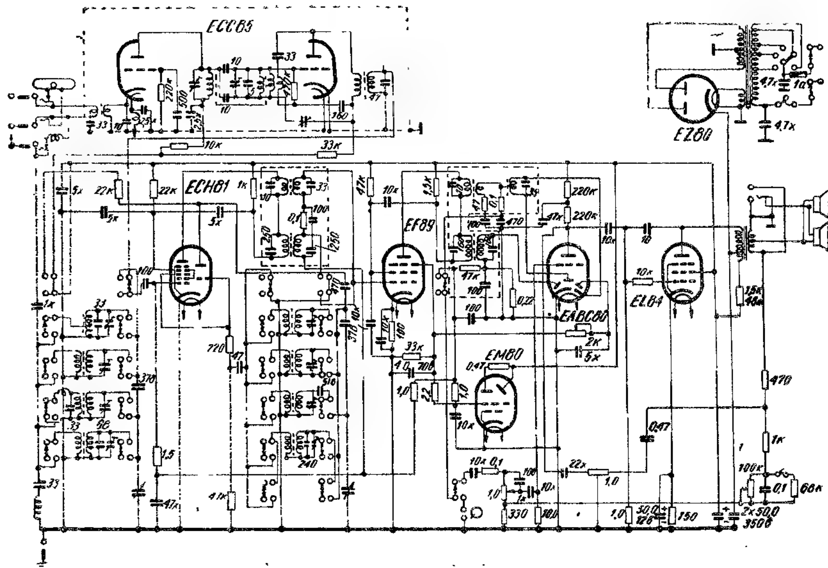
Входящата верига, усилвателят на висока честота и преобразователят на честотата за приемане УКВ-ЧМ радиоразпръскване се изпълняват във вид на отделен блок, с който се опростява конструкцията и повишава сигурността в работата.

За получаване на по-голямо усилване в канала за честотна модулация е необходимо да се увеличи броят на стъпалата с едно в повече, отколкото при приемането на амплитудна модулация. Това става или като се добави още една лампа, или като се използва преобразователят на честота на дълги, средни и къси вълни като допълнителна лампа за усилване на междинната честота при приемането на сигнали с честотна модулация.

Схема на комбиниран приемник за амплитудна и честотна модулация е показана на фиг. 151.

Входен блок на УКВ приемници за ЧМ. Входните кръгове, ВЧУ, преобразователят на честотата и МЧУ на приемника за честотна модулация принципно съответствуват на елементите в приемниците за амплитудна модулация, но схемно и конструктивно значително се отличават.

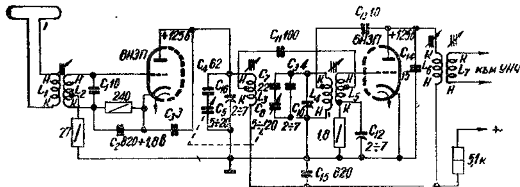
Високочестотната част на приемника за честотна модулация трябва без изкривяване да пропусне целия спектър от честоти на сигнала с честотна модулация, затова пропусканата честотна лента на стъпалата във високоче-



Фиг. 151. Схема на комбиниран приемник АМ/ЧМ

стотния канал на такъв приемник трябва да бъде значително по-широка, отколкото в обикновения приемник за амплитудна модулация.

Обикновено входната верига, ВЧУ и преобразователят на честотата при УКВ-ЧМ приемници се прави във вид на отделен блок, елементите на който не се използуват при работа на другите обхвати. Това се прави поради обстоя-



Фиг. 152. Схема на входящ УКВ/ЧМ блок

телството, че лампите и кондензаторите за настройка, използувани в обхвата на средни, дълги и къси вълни, не отговарят на изискванията за работа на УКВ обхват, а многобройните превключвания на елементите на различните обхвати усложняват конструкцията на приемника и влошават неговата работа вследствие на паразитните капацитети.

На фиг. 152 е показана типова схема на входящ блок на УКВ-ЧМ приемник. Антената на УКВ обхват е обикновено полувълнов дипол, който чрез антенен фидерен кабел се съединява с входа на приемника посредством съгласуващ трансформатор, състоящ се от бобините L_1 L_2. Входният кръг C_1 L_2 има постоянна настройка на средната честота на обхвата. Пропусканата лента на входната верига е равна на ширината на обхвата, тъй като неравномерността на прехвърлящите напрежения при приемането на различните честоти от обхвата не превишава 3 *дб*.

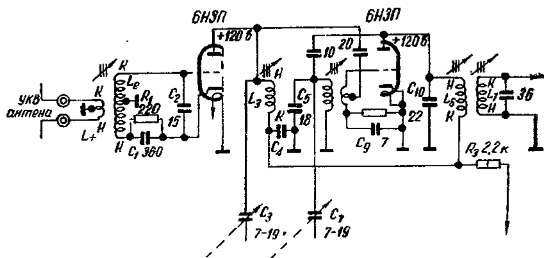
Обикновено входните кръгове на УКВ се правят така, че приемникът да може да се включва както към обикновен несиметричен фидер, така и към симетрична антена с двупроводен фидер. За опростяване на комутацията в първия случай е по-удобно да се употребят капацитивна връзка на антената с входния кръг и индуктивна връзка при симетричен вход.

Настройката на кръговете на УКВ-ЧМ приемник се извършва най-често чрез изменение индуктивността на бобината. Съгласуване на входните кръгове с хетеродина се прави чрез съответен подбор на диаметрите на сърцевината на бобините. Единични кръгове с фиксирана настройка не осигуряват необходимото потискане на огледалните смущения.

Преобразователи на честота. Най-употребяваният начин за преобразуване на честотата при УКВ-ЧМ приемници с еднорешетъчното преобразуване. При този начин на преобразуване на честотата входящият сигнал и този на местния осцилатор се подават на една и съща решетка на лампата най-често на управляващата решетка.

Като решетъчни преобразователи на метрови вълни могат да се използуват пентоди и триоди с голяма стръмност. Пентодите дават по-голямо усил-

ване от триодите, но имат по-висок собствен шум и по-малко входно съпротивление при по-високи честоти. Триодните преобразователи имат по-нисък коефициент на усилване, по-малък собствен шум и по-голямо входно съпротивление, отколкото пентодите. Това е довело до възприемането в практиката пентодите да се използуват за смесване до 60 *мгхц*, а триодите за



Фиг. 153. Схема на ВЧУ и преобразовател на честотата с лампа 6Н3П

смесване от 60 до 400 *мгхц*. Над 400 *мгхц* се използуват триоди с дискови електроди.

Към преобразователната лампа не трябва да се прилага АРУ, тъй като изменението на преднапрежението води до разстройка на хетеродина.

На фиг. 153 е показана практическа схема на ВЧУ и преобразовател на честотата с лампа 6Н3П (двоен триод), който има стръмност 4,9 *ма/в*.

Междинночестотни усилватели в УКВ приемници за ЧМ. Междинночестотните усилватели в УКВ-ЧМ приемници трябва да имат пропускана честотна лента от 150 ÷ 300 *кхц* за качествено възпроизвеждане на приеманата програма. За осигуряване на по-добра избирателност по съседен канал може да бъдат употребени единични кръгове в междинночестотните филтри, но от гледна точка за удобство и комбинираните АМ/ЧМ приемници по-добре е да се прилагат двукръгови лентови филтри.

Изборът на междинната честота е от голямо значение за конструкцията и параметрите на приемника. За отслабване на сигналите по огледален канал тя трябва да се избира по-висока. Но тъй като с повишаване на честотата нестабилността на усилвателя също расте, предпочита се тя да има толкова ниска стойност, че отслабването на огледалните честоти да е достатъчно. В Западна Европа за УКВ-ЧМ радиоразпръскване се използува обхватът от 87,5 ÷ 100 *мгхц*, а стандартното значение на междинната честота е 10,7 *мгхц*. При това положение огледалната честота попада дори зад най-високата честота извън обхвата:

$$f_{огл} = f_c + 2f_м = 87{,}5 + 2 \,.\, 10{,}7 = 108{,}9 \text{ мгхц}$$

По същите съображения и страните членки на ОИРТ, които са възприели за УКВ-ЧМ радиоразпръскване обхвата 66 ÷ 73 *мгхц*, използуват междинна честота 8,4 *мгхц*. В последно време се забелязва тенденция за преминаване към по-ниски междинни честоти — 6,75 *мгхц*, с което се получават по-висока чувствителност и избирателност.

Междинночестотните филтри се правят комбинирани, т. е. в една и съща шнрмовка се поместват МЧ филтри както за АМ, така също и за ЧМ. При такова включване се налага да не се изменя връзката между кръговете за АМ, за да се запази тяхната пропускаща лента.

Амплитуден ограничител. Изменението на честотномодулираните сигнали по амплитуда възниква вследствие влиянието на смущения и вътрешните шумове на приемника. За ограничаване на амплитудните изменения на ЧМ сигнал се използуват ограничители, които представляват от себе си стъпало на МЧУ, лампата на което осигурява ограничаващо действие. Качеството на амплитудния ограничител може да се характеризира като отношение на коефициента на амплитудната модулация на напрежението на входа на ограничителя към коефициента на модулация на изхода му. Това отношение трябва да бъде не по-малко от 30—40 *дб*.

На фиг. 154 е показана схема на ограничител, в който ограничението се извършва за сметка на решетъчния ток и за сметка на отсечката на анодния ток. Напрежението на началото на ограничаване е равно на 1 ÷ 2 *в*, нормал-

Фиг. 154. Схема на ограничител и фазов дискриминатор

ното входно напрежение е 2 ÷ 4 *в*. Такъв ограничител потиска амплитудната модулация около 10 пъти.

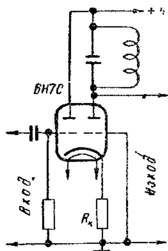
Режимът на лампата се избира такъв, че да не се получи ограничение и при това достатъчно изходящо напрежение. За да има добро ограничение, напреженията на анода и на екранната решетка трябва да бъдат по възможност най-малки. Това понижение на напреженията се обуславя от допустимото падение на изходящото напрежение. Постоянната на времето на решетъчната верига трябва да бъде около 10^{-4} *сек*.

На фиг. 155 е показана схема на ограничител с двоен триод 6Н7С. Този ограничител работи без решетъчни токове и понижава коефициента на амплитудната модулация от 50 до 100 пъти.

Честотни детектори. Честотният детектор служи да отдели от честотно-модулирания сигнал модулиращия нискочестотен сигнал. Честотните детектори се разделят на две групи: честотно-амплитудни и честотно-фазови или просто фазови.

Честотно-амплитудните детектори преобразуват изменението на честотата на сигнала в съответствие с изменението на амплитудата на напрежението, което се детектира от амплитудния детектор.

Фазовите детектори преобразуват изменението на честотата на сигнала в съответствие с изменението разликата на фазите между двете напрежения, управлявани от анодните токове на многорешетъчните лампи с по две решетки, което довежда към зависимост на постоянната съставна на анодния ток от честотата.



Фиг. 155. Схема на ограничител без решетъчен ток

Към честотните детектори се предявяват следните основни искания:

линейност на детекторната характеристика, която осигурява неизкривено детектиране при максимална девиация на честотата;

възможно по-голям коефициент на усилване;

максимално потискане на паразитната амплитудна модулация.

Детекторът с разстроен кръг е най-прост и не изисква никакъв специален монтаж. Последният трептящ кръг в МЧУ се разстройва малко по отношение на междинната честота. Честотномодулираното трептение се превръща в амплитудно модулирано. Такива детектори с разстройка намират приложение в прости приемници, където не се изискват високи качества.

В повечето случаи се използуват дискриминатор или дробен детектор.

Дискриминаторът е по-съвършен детектор, но е по-сложен за направа и настройка. Той изисква употреба на ограничително стъпало преди него, тъй като самият не премахва паразитната модулация на сигнала. Към ограничителя е необходимо да се подават сравнително по-силни сигнали — 1 до 3 *в*, за което е необходимо да се повиши усилването до ограничителя. На фиг. 155 е показана схема на ограничител и дискриминатор.

За да се получи висок коефициент на предаване от диодите, необходимо е последните да имат ниско вътрешно съпротивление. За тази цел се употребяват специални двойни диоди или пък полупроводникови такива. За добрата работа на честотните детектори е необходимо диодите да имат еднакви параметри.

Настройката на дискриминатора се състои в настройка на кръговете на неговия трансформатор на дадената междинна честота. Изходът на сигнал-генератора се съединява към решетката на ограничителната лампа, честотата на генератора се установява равна на междинната честота. Ламповият волтметър на постоянен ток се включва паралелно на съпротивлението R_2. Настройката на кръга L_1C_1 се прави по максимума на показанията на волтмера. За настройка на кръга L_2C_2 волтмерът се включва между точката „А" и земя. Настройката се прави по нулевите показания на волтмера. Характеристиката на дискриминатора (фиг. 156) трябва да бъде симетрична. Ако не е симетрична, кръгът L_1C_1 се пренастройва.

Дробният детектор има висока чувствителност, голям коефициент на усилване и потиска паразитната амплитудна модулация, което позволява да не се употреби ограничител. Потискането на паразитната амплитудна модулация в дробния детектор или още наричан детектор на отношението или детектор от мостов тип става поради това, че входното съпротивление на детектора се изменя с изменение амплитудата на напрежението на сигнала и съответно изменя Q-фактора на кръга на филтъра, което довежда до изравняване амплитудите на напрежението на сигнала, снемано от филтъра на детектора.

Фиг. 156. Характеристика на честотен детектор

Изменението на входното съпротивление на детектора от амплитудата на напрежението на сигнала се получава благодарение на това, че товарът на детектора се шунтира от кондензатора с голям капацитет, от което напрежението на товара малко се изменя по време. Напрежението на товара се определя от изходната работна точка на детектора, която почти е постоянна. С увеличение амплитудата на сигнала ще се увеличава и ъгълът на отсечката, което предизвиква намаление на коефициента на връзката на детектора и намаление на входното съпротивление. Следователно амплитудните изменения на напреженията на сигнала предизвикват противоположни изменения на коефициента на връзката и входното съпротивление, което шунтира кръга на филтъра, и всичко това довежда до значително отслабване паразитната модулация на изхода.

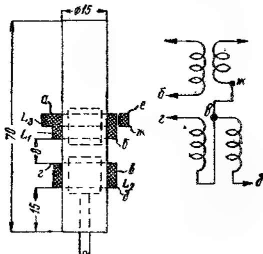
Фиг. 157. Схема на дробен детектор

Схема на дробен детектор е показана на фиг. 157.

Качественият фактор на вторичния кръг за честота от порядъка на 4 *мгхц* трябва да бъде от 50 до 70, а за честота от порядъка на 10 *мгхц* — от 75 до 120.

За да има детекторът висока чувствителност, отношението $\frac{L}{C}$ на кръговете трябва да бъде достатъчно голямо. Капацитетите на кръговете обикновено се избират от 20 до 30 *пф*.

Практически достатъчно добро ограничение се получава при напрежение на сигнала на управляващата решетка на лампата повече от 15 -20 *мв*. Най-добро потискане на амплитудната модулация се получава при връзка между кръговете на фазоизместващия трансформатор, равно на половина от критическата и при отношение на напреженията $\frac{0,5\,U_2}{U_3} = 0,6 \div 0,7$.



Фиг. 158. Схема и конструкция на бобина към дробен детектор

Симетриращите съпротивления R_3 и R_4 се подбират така, че амплитудната модулация се потиска на средната точка на честотата. При това сумата от съпротивленията R_3 и R_4 трябва да остава постоянна.

На фиг. 158 са показани схема и конструкция на бобините и съединенията помежду им. Бобината L_1 има 62 навивки, от проводник ПЭЛ-1—0,1 и е навита на подвижна тръбичка еднослойно, навивка до навивка. Бобината L_3 има 27 навивки, проводник ПЭЛ-1, навита еднослойно върху бобината L_1 на този ѝ край, към който се подава анодното напрежение. Между намотките L_1 и L_3 е навита цигарена хартия с дебелина не повече от $0,03 \div 0,04$ мм. Бобината L_2 има 20+20 навивки, проводник ПЭЛ-1—0,2, направена симетрично. Всички бобини са навити на една страна.

Конструкцията на трансформатора за честота 16 *мгхц* има същия вид, както и за честота 4 *мгхц* (фиг. 158).

Разстоянието между бобините е 14 *мм*, диаметърът на тялото е 11 *мм*. Бобината L_3 е навита симетрично от проводник ПЭЛ-0,3 и има 10 навивки. Бобината L_1 има 14 навивки от проводник ПЭЛ-0,17, бобината L_3 — 3 навивки от проводник ПЭЛ-0,17. Между намотките L_1 и L_3 е поставена цигарена хартия.

Настройката на дробния детектор се прави по следния начин:

1. На входа на детектора се подава от сигнал-генератора напрежение с междинна честота от порядъка на 0,1 *в*; към съпротивлението R_1 се включва волтмерът за постоянен ток със скала $5 \div 10$ *в* и входно съпротивление, не по-малко от 50 *ком*; кръгът се настройва по максимално показание на волтмера.

2. Проверява се симетричността на бобината L_2. Напреженията на двете половинки на бобината L_3, измерени с лампов волтмер с високо входно съпротивление, трябва да бъдат равни. Симетрията трябва да се получава чрез изменение броя на навивките на една от двете половинки на бобината. Бобината L_3 трябва да бъде изключена.

3. Подбира се коефициентът на връзката между кръговете. Бобината L_3 се включва паралелно на първичния кръг, на който се включва лампов волтмер

чрез капацитет от 2 ÷ 3 *пф*. Отношението на напрежението на първичния кръг трябва да бъде равно на 0,75. Вторичният кръг се разстройва чрез свързания към него кондензатор с капацитет от 100 ÷ 150 *пф*. След изключване на кондензатора вторичният кръг се настройва в резонанс по максималното показание на волтмера.

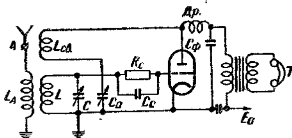
4. Подбира се величината на отношението от напрежението $\frac{1}{2}U_2$ към напрежението U_3. Затова се измерва изправеното напрежение на товара R_1 (с волтмер за постоянен ток) при настроен и разстроен кръг (при двете измервания напрежението на входа се установява така, че напрежението на първичния кръг остава неизменно). Отношението на тези напрежения трябва да бъде в границите на 1,18 ÷ 1,22. Ако то се окаже по-голямо или по-малко от указаното, следва съответно да се намали или увеличи броят на навивките на бобината L_3.

5. Снема се статичната характеристика на детектора, т. е. зависимостта на постоянното напрежение на изхода на детектора от честотата на входа на същия. Тя трябва да бъде симетрична относно междинната честота и линейна в границите 75 ÷ 100 *кхц* (за концертни приемници).

Несиметричността и нелинейността на характеристиката се отстранява чрез подбиране стойностите на капацитетите C_1 и C_2 и съпротивленията R_3 и R_4, а също и чрез регулиране на връзката между кръговете. Примерната характеристика е както тази на фиг. 68.

р. Регенеративни приемници

Регенеративното приемане е основано на използуването в детекторното стъпало на положителна обратна връзка, при което се повишават чувствителността и избирателността на приемника. Величината на обратната връзка се установява близко до критичната, при която се започва осцилирането. Регулирането на обратната връзка може да се извършва по няколко начина: чрез изменение на взаимната индуктивност между кръга на бобината и бобината на обратната връзка, чрез изменение стръмността на характеристиката на лампата и чрез въвеждане в схемата на регулируема отрицателна обратна връзка. Недостатък на регенеративните приемници е тяхната неустойчивост при работа.



Фиг. 159. Схема на регенеративен приемник

На фиг. 159 е показана схема на регенеративен приемник, при който регулирането на обратната връзка се извършва чрез капацитет.

с. Рефлексни приемници

Понякога с оглед намаляването броя на лампите се строят приемници по рефлексна схема. В тези приемници една и съща лампа изпълнява едновременно две функции: като усилвател на висока честота и като усилвател на ниска честота. Използуването на рефлексни приемници на УКВ обхват е по-

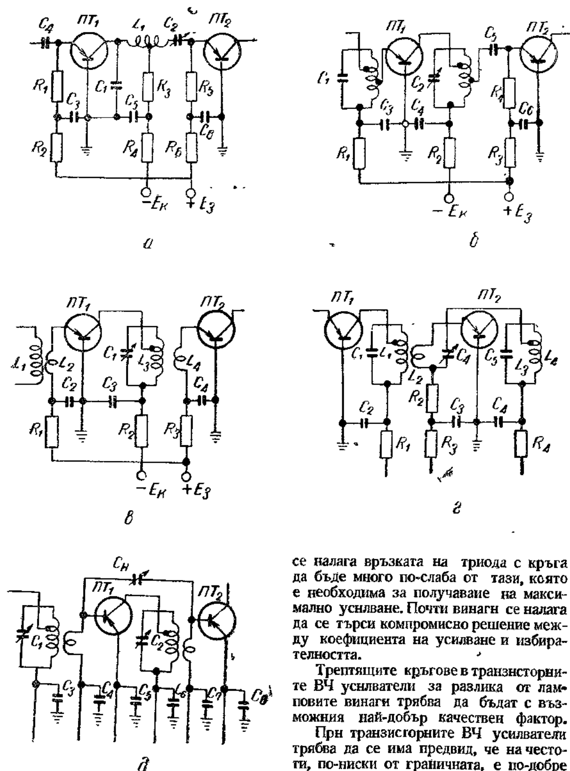
целесъобразно, отколкото на дълги и средни вълни. Благодарение на високата междинна честота от 4—10 *мгхц* се облекчава разделението на високочестотните и звуковите трептения, което намалява нискочестотните изкривявания на звуковата честота. Потискането на паразитната амплитудна модулация на нискочестотния сигнал се извършва от честотния детектор.

Фиг. 160. Схема на рефлексен приемник

Радиолампата в дробния детектор е удобно да се използва едновременно и в нискочестотния усилвател. В батерийните приемници за рефлексна работа се препоръчва да се използват лампите 2П1П и 2П2П, които имат най-голяма стръмност на характеристиката си в сравнение с другите лампи. Крайните лампи в мрежовите приемници могат да се използват и в честотните детектори. В места, където има големи смущения, не се препоръчва да се използват рефлексни приемници. На фиг. 160 е показана схема на рефлексен приемник.

т. Транзисторни приемници

Високочестотен усилвател. ВЧУ и МЧУ с полупроводникови триоди се различават чувствително от разгледаните усилватели с електронни лампи. Входното съпротивление на полупроводниковия триод е малко, затова за получаване на достатъчно усилване е необходимо междустъпално съгласуване. Входното съпротивление на триода на следващото стъпало се налага винаги да бъде съгласувано с предшествуващото стъпало. Входното и изходното съпротивление на полупроводниковия триод значително се изменят по обхвата. Освен това по същите причини входната верига на триода внася голяма загуба в кръга и намалява неговата избирателност. За повишаване на избирателността



Фиг. 161. Схеми на ВЧУ с полупроводникови триоди

се налага връзката на триода с кръга да бъде много по-слаба от тази, която е необходима за получаване на максимално усилване. Почти винаги се налага да се търси компромисно решение между коефициента на усилване и избирателността.

Трептящите кръгове в транзисторните ВЧ усилватели за разлика от ламповите винаги трябва да бъдат с възможния най-добър качествен фактор.

При транзисторните ВЧ усилватели трябва да се има предвид, че на честоти, по-ниски от граничната, е по-добре да се използват схеми с общ емитер, а на честоти, по-високи от граничната — схеми с обща база.

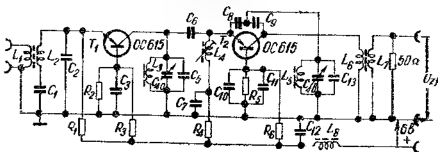
Най-често употребявани схеми на високочестотни усилватели са показани на фиг. 161.

На фиг. 161*а* за товар на първото стъпало служи паралелният трептящ кръг $C_1 L_1 C_2$, настроен на честотата на сигнала. Най-голямо усилване тук се получава при точно определена стойност на кондензатора C_1, който се подбира опитно. Настройка на желаната честота се прави с кондензатора C_2. Изменяйки отношението между L_1 и C_2, може да се получи желаният качествен фактор на кръга, а следователно и необходимата лента на пропускане. Тази схема дава възможност да се получи голямо усилване даже на честоти, превишаващи граничната. Тя има недостатъка, че при настройка за получаване на желаната ширина на пропусканата лента трябва да се подбира индуктивността на бобината.

На фиг. 161 *б* и *в* са показани схеми с автотрансформаторна и индуктивна връзка. При тях леко може да се подбере най-изгодната връзка на триодите с кръговете. Те са най-подходящи за обхватни усилватели на висока честота.

За по-устойчива работа на транзисторни ВЧУ и за увеличаване коефициента на усилване може да се приложи неутрализация, която компенсира вредното влияние на обратната връзка. На фиг. 161 *г* и *д* са показани схеми за неутрализация с използването на един кондензатор $C_н$. Трябва да се внимава при включването на краищата на бобината, защото при неправилно включване може да се самовъзбуди усилвателят.

На фиг. 162 е дадена схема на ВЧ усилвател с два транзистора OC615.



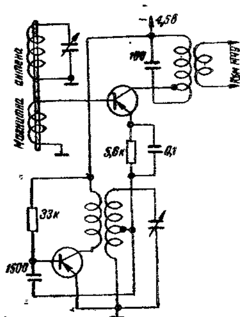
Фиг. 162. Принципна схема на ВЧУ с транзистори OC615

Керамични кондензатори: $C_1 = 25$ *пф*, $C_2 = 40$ *пф*, $C_3 = C_{11} = 300$ *пф*, $C_5 = 20$ *пф*, $C_6 = 5$ *пф*, $C_7 = 500$ *пф*, $C_8 = 3$ *пф*, $C_{12} = 2500$ *пф*; стирофлексни кондензатори: $C_9 = 40$ *пф*, 125 *в*; $C_{10} = 1000$ *пф*, 125 *в*; въздушен променлив кондензатор — двоен: $C_{4а} = C_{4в} = 2 \times 2$ от 12 *пф*; тример-кондензатори: $C_{13} = C_а = 14$ *пф*, $C_в = 6$ *пф*; съпротивления: $R_1 = R_4 = 500$ *ом*, $R_2 = 25$ *ком*, $R_3 = R_6 = 5$ *ком*, $R_5 = 5$ *ком* (всичките по 0,1 *вт*); бобини: L_1, L_2 2 *нав* 0,4, 5 *нав* 0,8, L_3 2,5 *нав* 0,8, L_4 3,5 *нав* 0,6,
L_5 2,5 *нав* 0,8, L_6, L_7 30 *нав* 10×0.04, 2 *нав* 0,2, L_8 30 *нав* 0,2;
тяло на бобините с $\varnothing = 4$ *мм*

Преобразовател на честота. Усилването при преобразуването на честотата зависи както от работната точка, така и от амплитудата на напрежението или тока на хетеродина. За осигуряване на по-голямо усилване при преобразуването работната точка трябва да се избира на най-нелинейния участък от

характеристиката. Затова величината на постоянния ток трябва да съставлява част от милиампера.

При подаване на хетеродинното напрежение на емитера максимално усилване има при амплитуда на хетеродинното напрежение на емитера от порядъка на 1 *в*. Може да се получи достатъчно равномерно усилване около 15 *дб*.



Фиг. 163. Схема на смесител и хетеродин с полупроводникови триоди

Напрежението на сигнала и напрежението на хетеродина може да се подават както на емитера, така и на базата на транзистора. Преобразувателят работи по-устойчиво при включване на триода по схема с обща база, при което напрежението на сигнала и напрежението на хетеродина се подават във веригата на емитера.

На фиг. 163 и 164 са показани схемите на преобразователи с отделен хетеродин.

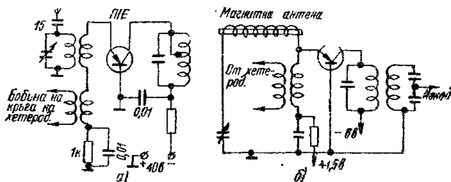
На фиг. 165 е показана схема на преобразовател на честота, в която и смесителят, и хетеродинът са изпълнени с един триод. Използуването на такъв преобразовател не е целесъобразно, тъй като той дава по-лоши резултати.

Входните и изходните пълни съпротивления на полупроводниковия триод, който работи в режим на преобразуване на честотата, са обикновено по-големи, отколкото в триод, работещ в режима на усилване.

Входните и изходните резонансни системи за преобразователя се строят на същите принципи както за ВЧУ и МЧУ.

Хетеродин. Хетеродинът трябва да удовлетворява следните изисквания: достатъчно неизменни по форма и амплитуда трептения в обхвата на честотата;

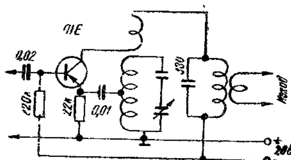
достатъчна мощност за ефективната работа на преобразователя. Товарът на хетеродина се явява малко входно съпротивление на триода-преобразовател;



Фиг. 164. Схеми на смесители

а — с кондуктивна връзка на входящия кръг с антената;
б — с магнитна антена

честотата на трептенията на хетеродина не трябва съществено да зависи от температурата на окръжаващата среда и изменението на напрежението на токозахранващия източник.

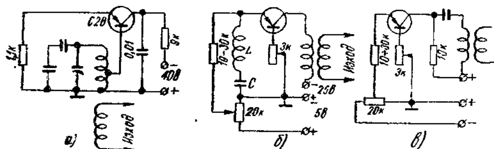


Фиг. 165. Схема на преобразовател на един полупроводников триод

Всички тези изисквания се удовлетворяват както от точковите, така и от плоскостните полупроводникови триоди. Преимуществото на точковите триоди е възможността за прилагане на схеми с използуване на отрицателно съпротивление в схеми с точкови триоди. Плоскостните триоди имат това съществено преимущество, че изискват малки напрежения на захранващия източник (например 1 *в* за плоскостните триоди вместо 10 *в* или повече за точковите) за получаване стабилни трептения и еднакви мощности. Подаването на обратна връзка от колектора на базата често дава по-добри резултати, отколкото подаването на обратна връзка на емитера. Стабилността на честотата се достига чрез правилния избор на величината на обратната връзка и включването на триода към част от кръга, което намалява влиянието на собствената реактивност на триода на настройката.

Точковите триоди намират приложение само в хетеродинната част на приемниците. В усилвателните стъпала е по-целесъобразно приложението на стабилни плоскостни триоди, даващи при това и по-голямо усилване.

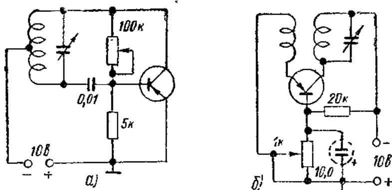
Схеми на хетеродини с точкови триоди са показани на фиг. 166.



Фиг. 166. Схеми на хетеродини с точкови триоди

а — с паралелен кръг във веригата на емитера; *б* — с последователен кръг във веригата на емитера; *в* — с последователен кръг във веригата на колектора

Обратната връзка се регулира чрез съпротивлението във веригата на базата. На фиг. 167 и 168 са показани схеми на хетеродини с плоскостни триоди.



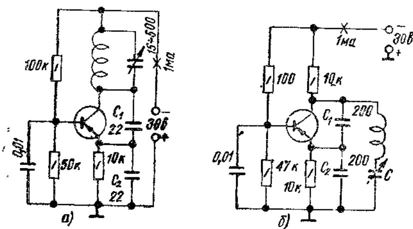
Фиг. 167. Схеми на хетеродини с плоскостни триоди

Величината на обратната връзка в схемите на фиг. 168 се определя от съотношението на капацитетите C_1 и C_2. Хетеродинът, показан на фиг. 168 *б*, може да работи на честота до 2 *мгхц*.

Междинночестотен усилвател. За да се използуват по-ефективно триодите и за да се получи максималното възможно усилване, е необходимо съгласуване между стъпалата. Съгласуването на пълните входни и изходни съпротивления е особено важно в стъпалата на висока и междинна честота, тъй като усилването на полупроводниковия триод спада с повишаването на работната честота.

Най-често се включват триоди по схема с общ емитер, която дава при съгласуване на съпротивленията значително голям коефициент на усилване, отколкото схема с обща база.

Тъй като съгласуването на съпротивленията значително разширява пропусканата честотна лента на кръга, за да се получи по-голяма избирателност, е



Фиг. 168. Схеми на хетеродини с плоскостни триоди с капацитивна обратна връзка

необходимо да се употребят кръгове с Q-фактор от порядъка на 150 и повече. За да се намалят размерите на бобините, кръговете трябва да се направят със сърцевина от материал с голяма магнитна проницаемост.

На фиг. 169 са показани няколко варианта на съгласуване между стъпалата чрез единични и свързани кръгове.

Тъй като усилването на стъпалото с полупроводников триод обикновено е по-малко, отколкото с електронна лампа, то се изисква по-голям брой стъпала, а следователно и повече резонансни кръгове. За да се получи същата избирателност, може да се използуват единични кръгове.

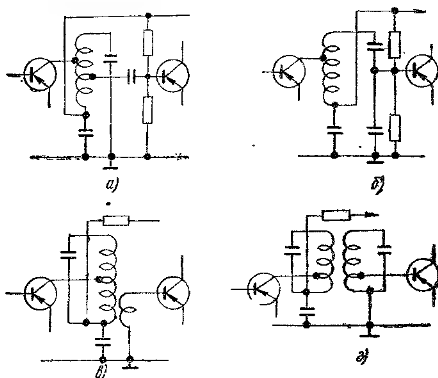
Най-често прибягват към непълно включване на триода към кръга, което позволява да се стесни пропусканата лента, да се намали разстройката на кръговете при изменение параметрите на триода и осигури съгласуване между стъпалата.

В схеми с полупроводникови триоди на честота 465 *кхц* може да се получи усилване в междинночестотното стъпало от 20 до 30 *дб*.

На фиг. 170 са показани схеми МЧУ, в които връзката между стъпалата се осъществява с двукръгови лентови филтри.

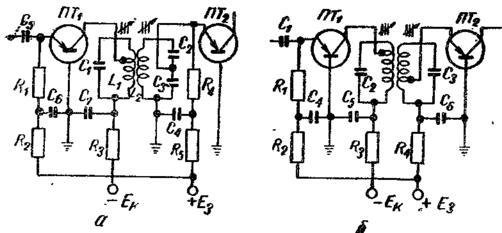
На фиг. 171 е показана практическа схема на МЧУ с триоди AF105.

Детекторно стъпало. За детектиране са подходящи както полупроводниковите диоди, така и полупроводниковите триоди. При използуване на полупроводниковите диоди е необходимо да се осигури достатъчно високо напрежение на изхода на междинната честота за работа на диода в режим на линейно детектиране. Пълното съпротивление на усилвателя на ниска честота е относително малко, затова за осигуряване на достатъчно висок коефициент на връзка е необходимо да се съгласува пълното съпротивление на детектора с из-



Фиг. 169. Схеми на съгласуване на входните и изходните съпротивления

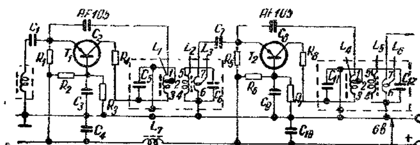
а — с автотрансформаторна връзка с предидущия и следващия триод; *б* — с вътрешно-капацитивна връзка на кръга със следващия триод; *в* — с автотрансформаторна връзка с предидущия триод и трансформаторна връзка със следващия триод; *г* — с автотрансформаторна връзка на лентовия филтър с триодите



Фиг. 170. Схеми на МЧУ с двукръгови лентови филтри

ходното съпротивление на усилвателя на ниска честота. На фиг. 172 е показана съответна схема.

Детектирането с помощта на полупроводникови триоди дава обикновено подобри резултати по следните причини:

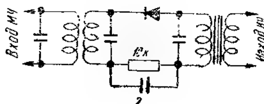


Фиг. 171. Схема на МЧУ с триоди AF105, със следните данин

Стирофлексни кондензатори с работно напрежение 125 *в*: $C_1 = C_7 = 400$ *пф*, $C_5 = C_{11} = 15$ *пф*, $C_6 = C_{12} = 30$ *пф*; керамични кондензатори: $C_2 = C_8 = 5$ *пф*, $C_3 = C_9 = 10\,000$ *пф*, $C_4 = C_{10} = 2500$ *пф*; съпротивления с 0,1 *вт*: $R_1 = R_5 = 1$ *ком*, $R_2 = R_5 = 5$ *ком*, $R_5 = R_5 - 30$ *ком*, $R_4 = R_5 = 250$ *ом*;
бобини: L_1, L_4 {1—2—4 *нав* 3×0,05, 2—3—47 *нав* 3×0,05} L_2, L_5 4—5—38 *нав* 10×0,04,
L_2, L_5 4—5—38 *нав* 10×0,04, L_5, L_6 6—7—2 *нав* 0,2, L_7 30 *нав* 0,2;
тяло на бобината — желязна сърцевина с ⌀5 *мм*

полупроводниковият триод може да работи в линеен режим при малки мощности на сигнала;

детекторът с полупроводников триод дава значително усилване по мощност и работи като първо усилвателно стъпало на ниска честота. Така напр. детек-



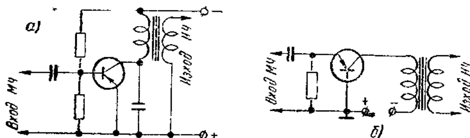
Фиг. 172. Схема на детектор с полупроводников диод

торното стъпало с транзистор, включен по схема с общ емитер, може да даде усилване до 20 *дб*;

при извършване на АРУ мощността на изправения ток се взема от диодния детектор и се оказва обикновено недостатъчна и затова се изисква усилвател на постоянен ток или пък допълнително стъпало на усилване по междинна честота.

Приложението на триода не изисква допълнително включване на усилвател. Най-добри резултати дава схемата с общ емитер.

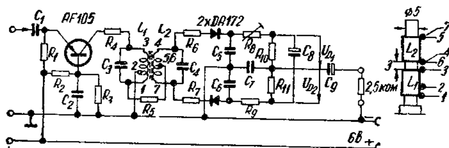
Типова стойност на входните съпротивления на триодния детектор съставлява 20 000 *ом* при включване на триода по схема с общ емитер и около 3000 *ом* при схема с обща база. На фиг. 173 е показана схема на триодно



Фиг. 173. Схеми на детектори с триоди (транзистори)

а — със заземен емитер; *б* — със заземена основа

детектиране. На фиг. 174 е показана практическа схема на дробен детектор, изпълнен с диоди ОА172.



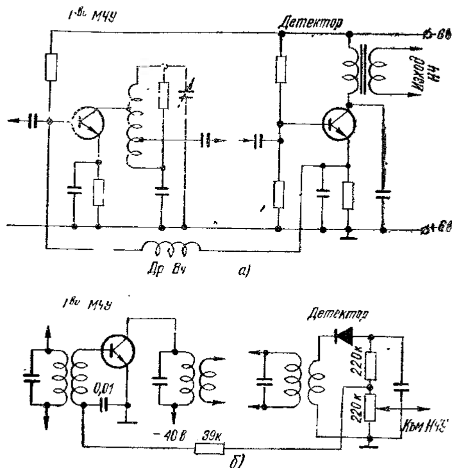
Фиг. 174. Схема на дробен детектор, изпълнен с диоди DA172

Съпротивления: $R_1 = R_9 = 1$ *ком*, $R_2 = 5$ *ком*, R_3 30 *ком*, $R_4 = 500$ *ом*, $R_5 = 100$ *ом*, $R_5 = R_7 = 240$ *ом*, $R_8 = 3$ *ком*, $R_{10} = R_{11} = 20$ *ком*; стирофлексни кондензатори: $C_5 = C_6 = 300$ *пф*; керамични кондензатори: $C_3 = 27$ *пф*, $C_4 = 35$ *пф*; дискови кондензатори: $C_1 = C_2 = 10\,000$ *пф*, $C_7 = 3000$ *пф*.; електролитни кондензатори: $C_8 = 4$ *мкф*, $C_9 = 1$ *мкф*, 8/12 *в*; бобини: L_1 (1—2) — 15 *нав* 10 × 0,04
(2—3) — 23 *нав* 10 × 0,04
L_2 (4—5) —, (5—6) — } 2 × 15 бифилярно 10 × 0,04;
тяло на бобините — желязна сърцевина с ⌀ = 5 *мм*

Автоматично регулиране на усилването. Усилването с полупроводникови триоди може да се намали по два начина: намаляване на тока на емитера или намаляване на колекторното напрежение.

В съответствие с това са възможни два начина на АРУ. При регулиране с помощта на тока на емитера управляващото напрежение се подава на базата на триода на регулируемото стъпало. Резултантното изменение на постоянната съставна на базисния ток на триода се усилва и се проявява във вид на значителни изменения на емитерния ток и на усилването на стъпалото.

При регулиране с помощта на напрежението на колектора управляващото напрежение също се подава на базата на триода на регулируемото стъпало. Изменението на базисния ток довежда до увеличаване на колекторния ток и до увеличаване падението на напрежението върху съпротивлението във веригата



Фиг. 175. Схема на АРУ

а — с триоден детектор; б — с диоден детектор

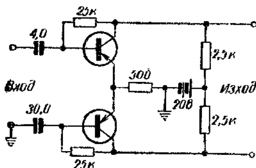
на колектора. Напрежението на колектора спада и усилването на стъпалото се намалява. Схема на автоматично регулиране на усилването е показана на фиг. 175.

Фазопреобръщачи. Двутактните усилватели с полупроводникови триоди изискват изменение на фазата на сигнала във входната верига. Изместването на фазата в схеми с полупроводникови триоди се осъществява по-трудно, отколкото в схемите с електронни лампи, тъй като е необходимо да се подава балансиран ток на сигнала, а не напрежение.

На фиг. 176 е показана схема на фазообръщач с полупроводникови триоди, която има добре балансиран изход. Горният триод работи като обикновен усилвател със заземен емитер с тази разлика, че неговият емитер е съединен със земя чрез две паралелни вериги. За нормалната работа на схемата съпротив-

жението на товара трябва да бъде по-малко в сравнение с изходните съпротивления на триодите.

Съпротивлеиието R_e трябва да бъде по-голямо от съпротивлението на участъка емитер-база на долния триод. Ако това условие не е изпълнено, то значителна част от променливия ток на сигнала ще се отклони през R_c и токовете в емитерните вериги на триодите няма да бъдат равни. Практически R_e трябва да бъде около 10 пъти по-голямо от съпротивлението на участъка емитер-база.



Фиг. 176. Схема на фазообръщач с полупроводникови триоди

Качествени показатели. *Чувствителност.* Достатъчната чувствителност осигурява ниско ниво на шумовете и високо общо усилване на приемника. Влиянието на шумовете на преобразователя в значителна степен се намалява при употреба на ВЧУ със значителен коефициент на усилване. Тъй като триодното детектиране може да се осъществява при ниско ниво на междинната честота, то значителна част на общото усилване може да бъде получено в стъпалата на НЧУ. Такова преразпределение на усилването между високочестотното и нискочестотното стъпало позволява да се намали броят на полупроводниковите триоди в схемата, тъй като на ниски честоти може да се получат по-високи коефициенти на усилване.

Избирателност За осигуряване на висока избирателност следва да се използуват резонансни системи с голям Q-фактор, тъй като входните съпротивления на стъпалата в значителна степен шунтират резонансната система. Кривата на избирателността може да се окаже малко несиметрична поради влиянието на реактивните входни пълни съпротивления на стъпалата.

Изкривявания и честотна характеристика. При правилен избор на работните точки при работа в режим клас A изкривяванията ще бъдат незначителни. По-сложно е да се получат малки изкривявания в двутактна схема, която работи в режим клас B, което се обяснява с противоречивите изисквания да се получи максимална полезна мощност, минимални изкривявания и максимален коефициент на усилване.

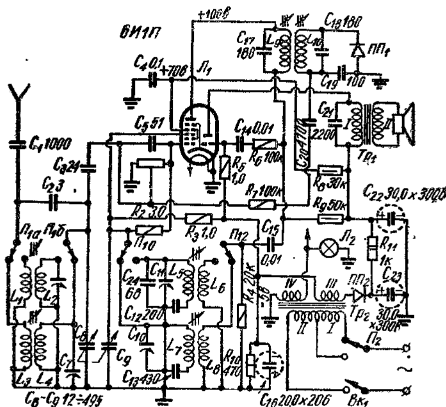
Лошо регулираната система на АРУ може също да предизвика изкривявания.

Осигуряването на нужната честотна характеристика на НЧУ не представлява голяма трудност.

Източници на захранване. Повечето стъпала на приемника могат да работят при захранващи напрежения около 3 *в*. За да се получи достатъчно полезна мощност на изхода, крайното стъпало трябва да работи в режим на ниско напрежение и голям ток, което често довежда до изкривявания. Освен това във веригата на емитера при това се развива значителна мощност, което снижава общия КПД. От друга страна, работата при малки напрежения и големи токове позволява да се натоварва последното стъпало непосредствено с високоговорителя.

Любителски приемници

Еднолампов приемник. Принципната схема на еднолампов приемник е показана на фиг. 177. Приемникът има два вида вълни, средни 187—578 *м* и дълги 750—2000 *м*.



Фиг. 177. Принципна схема на еднолампов приемник

Връзката с антената е комбинирана. Преобразователят на честотата е с индуктивна обратна връзка. Напрежението на сигнала се подава на първата решетка на хептодната част, а напрежението на хетеродина — на третата решетка. Към вторня кръг $L_{10} L_{18}$ е включен полупроводников диод ПП1 тип ДГ-Ц4, който изпълнява ролята на диоден детектор.

От детектора нискочестотното напрежение се подава на първата решетка на хептода. По такъв начин хептодната част на лампата 6ИП1 се използува за преобразуване на честотата и за нискочестотно предусилване.

Регулирането на силата се извършва както по ниска, така и по висока честота. Усиленото от хептодната част ниско напрежение от съпротивление R_9 през веригата $R_6 R_{14}$ се подава на управляващата решетка на триодната част, което се използува в крайното стъпало. В анодната верига на триода е включен изходният трансформатор $Тр_1$, във вторичната намотка на който е включен високоговорителят.

Захранването на приемника се извършва от изправителя с диод ДГ-Ц27 (ПП2).

Бобините на приемника са намотани на тела с диаметър 12 *мм* и дължина 22 *мм*. Данните за намотка „универсал" са дадени в табл. 41.

Таблица 41

Бобина	Брой на навивките	Индуктивност без сърцевина в *мкхн*	Тип и диаметър на проводника в *мм*	Ширина на намотката в *мм*	Разстояние между бобините в *мм*
L_1	700	7125	ПЕЛШО-0,10	6	5
L_2	371	2250	ПЕЛШО-0,12	4	
L_3	320	1340	ПЕЛШО-0,10	4	4
L_4	107	170	ЛЕШО — 7 × 0,07	4	
L_5	140	215	ЛЕШО 7 × 0,07	4	4
L_6	125	—	ПЕЛШО-0,12	4	
L_7	84	75	ЛЕШО — 7 × 0,7	4	1
L_8	75	—	ПЕЛШО-0,12	4	

Настройката на бобината се извършва с желязна сърцевина. Междинночестотният трансформатор има 465 *кхц*. Може да се използува всякакъв тип.

Изходящият трансформатор $Тр_1$ има следните данни: сърцевина-пластини УШ-12 с междина 0,12 *мм*. Дебелина на набора 18 *мм*. Първичната намотка има 3570 навивки с проводник ПЭЛ-0,07. Вторичната намотка — 90 навивки с проводник ПЭЛ-0,49.

Силовият трансформатор $Тр_2$ е навит върху сърцевина от пластини УШ-16 с дебелина на набора 24 *мм*. Първична намотка — 910 навивки с проводник ПЭЛ-0,10, вторична — 1240 навивки ПЭЛ-0,12, трета — 2390 навивки ПЭЛ-0,07, четвърта — 75 навивки ПЭЛ-0,41.

Трилампов суперхетеродинен приемник. Приемникът работи в обхвата на дълги, средни и къси вълни (фиг. 178). На къси вълни може да се приема във всеки желан участък на разлети вълни.

Чувствителност на приемника на средни вълни и дълги около 150 *мкв* и на къси вълни около 200 *мкв*.

Изходящата мощност на приемника е 2—4 *вт*.

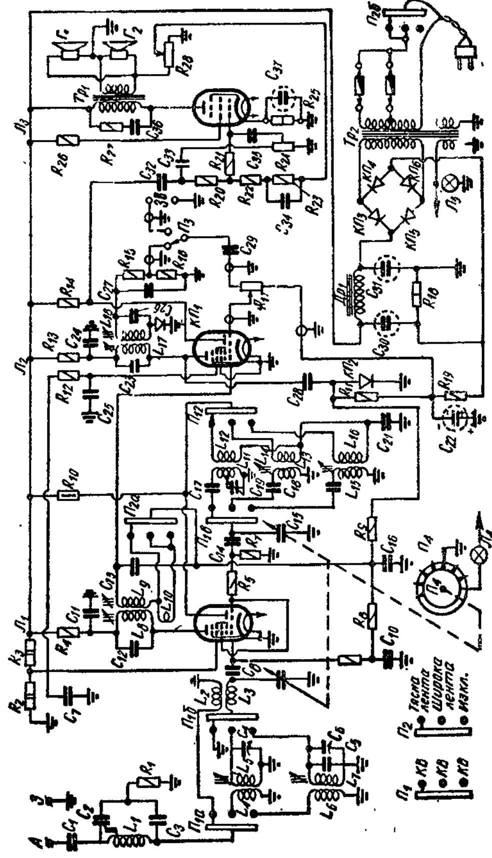
За преобразовател на честотата се използува лампа 6И1П. За осъществяване на разтегнат обхват на къси вълни паралелно на част от бобината L_{11} се включва кондензатор C_{19}. Точката на включването на C_{19} към бобината L_{11} се подбира на най-ниската честота от късовълновия обхват. Колкото по-малко навивки подвключва C_{19}, толкова по-плавна ще бъде настройката.

За усилвател на междинната честота се използува хептодната част на лампата 6И1П ($Л_2$).

Регулирането на пропускателната лента на междинночестотния усилвател се извършва с бобината L_{10}.

Детекторът и изправителят на АРУ използуват полупроводниковите диоди ДГЦ-4.

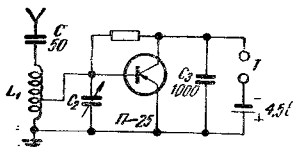
Усилвателят на ниска честота е обхванат от отрицателна обратна връзка, дълбочината на която се подбира чрез съпротивлението R_{28}.



Фиг. 178. Принципна схема на трилампов приемник

Анодното напрежение се получава от токоизправителя, в който са използувани полупроводниковите диоди ДГ-Ц26, с което се намаляват размерите и тежината на трансформатора.

Прост транзисторен приемник. На фиг. 179 е дадена принципната схема на транзисторен приемник с един транзистор П2Б. Броят на навивките на антенната бобина се подбира в зависимост от типа на бобината, диаметъра на проводника и обхвата, на който желаем да работи приемникът. Може да се използува всяка бобина на средни вълни от какъвто и да е приемник. Кондензаторът за настройка C_2 може да бъде от всякакъв тип. Настройката на приемника се състои в подбиране на съпротивлението R_1. Могат да бъдат употребени триоди от серия П1 ÷ П6.



Фиг. 179. Принципна схема на прост транзисторен приемник

Транзисторен приемник на къси и средни вълни. На фиг. 180 е дадена принципната схема на транзисторен приемник на къси и средни вълни. Обхватите са разпределени, както следва:

КВ1	12,7—27,6 *мгхц*	10,9—23,6 *м*	чувствителност	28 *мкв*
КВ2	5,7—13,3 *мгхц*	22,5—52,6 *м*	„	9,5 *мкв*
КВ3	2,1—6,2 *мгхц*	48,5—143 *м*	„	7,2 *мкв*
СВ	0,51—1,63 *мгхц*	184—589 *м*	„	10 *мкв*

Междинна честота 465 *кхц*.

Прехвърлящ трансформатор UT_p: първична 1870 *нав*, 0,07 *мм*; вторична 2×40 *нав*, 0,18 *мм*.

Изходен трансформатор UA: първична (долу бифилярна) 2×168 *нав* 0,32 *мм*; вторична 76 *нав*, 0,55 *мм*.

Бобини: входни

$L_1 = 0{,}575$ *мкн*	7,5 *нав*	0,5 отвод,	⌀ = 0,8;	тяло Д = 9 *мм*
$L_2 = 2{,}79$ *мкн*	18 *нав*	3 „	⌀ = 0,35	„ „
$L_3 = 9{,}95$ *мкн*	36 *нав*	6 „	⌀ = 0,2	„ „
$L_4 = 0{,}178$ *мкн*	50 *нав*	5 „	⌀ = 30×0,05	

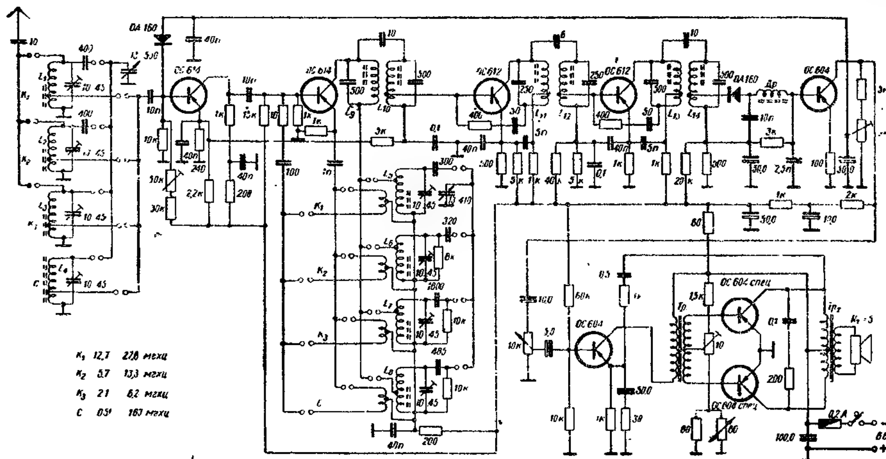
Осцилаторни

$L_5 = 0{,}706$ *мкхн*, 7,5 *нав*, 5,5 отвод, ⌀ = 0,8, куплираща бобина 2×1 ⌀ = 0,35, диаметър на тялото Д = 9 *мм*

$L_6 = 3{,}18$ *мкхн*, 18 *нав*, 13 отвод, ⌀ = 0,35, куплираща бобина 2×1, ⌀ = 0,2, Д = 9 *мм*

$L_7 = 10{,}25$ *мкхн*, 36 *нав*, 18 отвод, ⌀ = 0,2, куплираща бобина 2×3, ⌀ = 0,2, Д = 9 *мм*

$L_8 = 1{,}02$ *мкхн*, 108 *нав*, 40 отвод, ⌀ = 10×0,05, куплираща бобина 2×5, ⌀ = 0,2, Д = 6 *мм*



Фиг. 180. Принципна схема на транзисторен приемник на къси и средни вълни

Фиг. 181. Принципна схема на транзисторен безтрансформаторен усилвател

Междинни

$L_9 = 0{,}226$	*мхн*	98 *нав*	10×0,05		
$L_{10} = 0{,}226$	„	98 „	18	отвод	10×0,05
$L_{11} = 0{,}444$	„	136 „	27	„	„
$L_{13} = 0{,}226$	„	98 „	20	„	„
$L_{12} = 0{,}444$	„	136 „	13	„	„
$L_{14} = 0{,}226$	„	68 „	40	„	„

Дросел: $L=1$ *мхн*, 230 *нав*, 10×0,05, ширина на намотката 7 *мм*, желязна сърцевина.

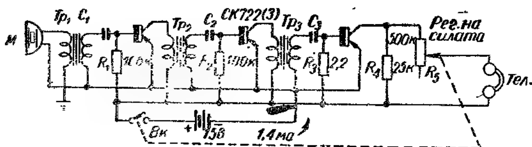
Транзисторен безтрансформаторен усилвател. На фиг. 181 е дадена принципната схема на транзисторен усилвател без трансформатор, който може да се построи както с европейски, така също и със съветски транзистори, които са показани на схемата. Усилвателят има следните технически данни:

Честотна лента 10 *хц* до 18 *кхц*, 3 *дб*.

Нелинейни изкривявания (клирфактор): при 1 *кхц* 1 %
„ 55 *хц* 2 %
„ 5 *кхц* 1,5 %
„ 10 *кхц* 10 %.

Изходяща мощност 4 *вт*.

Апарат за слабо слушащи. На фиг. 182 е дадена принципната схема на апарат за слабо слушащи. В нея се използува кристален микрофон *М*, кристален



Фиг. 182. Принципна схема на апарат за слабослушащи

телефон *Т* и свръхминиатюрни трансформатори. Потенциометърът R_5 е регулатор на силата, свързан с ключа $B_к$. В апарата се използуват три плоскостни триода тип CK722, включени по схема със заземен емитер. За захранване е употребена една миниатюрна 15-волтова батерия. Общата консумация на тока е около 1,4 *ма*. Съпротивленията R_1 и R_2 във веригите на основата трябва да бъдат подбрани така, че да се получи оптимален компромис между голямото усилване, малките шумове и малките изкривявания. Този апарат няма забележими изкривявания и е твърде икономичен.

Седма глава

НИСКОЧЕСТОТНИ УСИЛВАТЕЛИ

1. Параметри на *нч* усилватели

Коефициент на усилване на напрежение K — числото, което показва отношението на напрежението, получено в изхода на усилвателя, към напрежението, подадено в неговия вход

$$K = \frac{U_{изх}}{U_{вх}}$$

При няколкостъпален усилвател общото усилване е равно на произведението на коефициентите на усилване на отделните стъпала

$$K_{общ} = K_1 \cdot K_2 \ldots K_n$$

Изходяща мощност $P_{изх}$ — най-голямата мощност в изхода на усилвателя, при която изкривяванията не надвишават допустимата стойност.

$$P_{изх} = \frac{1}{2} \frac{U^2_{m\,изх}}{R_т},$$

където $U_{m\,изх}$ е амплитудата на изходящото напрежение;
$R_т$ — товарното съпротивление в изхода.

При усилвателите на напрежение като основен показател остава само изходящото напрежение, чиято амплитуда U_m също се ограничава от допустимите изкривявания.

Входящо напрежение — напрежението, което е необходимо да се подаде във входа на усилвателя, за да се получи номиналната изходяща мощност. Това напрежение се нарича още и **ч у в с т в и т е л н о с т** на усилвателя.

Входно съпротивление — съпротивлението, което представлява входът на усилвателя за променливия ток с ниска честота, получен от източника на входящото напрежение. Входното съпротивление зависи от честотата на приложеното напрежение. Необходимо условие за работата на усилвателя е входното му съпротивление да бъде съгласувано (да има еднаква величина) с вътрешното съпротивление на източника на входящото напрежение.

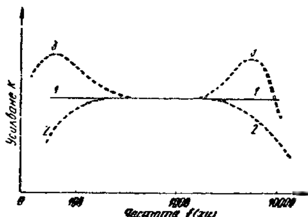
Оптимално товарно съпротивление. За да се получи от усилвателя най-голяма мощност, товарът, включен на изхода му, трябва да има точно определена оптимална величина. Всяко отклонение в която и да е посока от тази величина води до намаление на отдаваната от усилвателя мощност.

Честотен обхват — областта от честоти, в която коефициентът на усилване не се изменя повече, отколкото е допустимо по изискванията. Разликата между граничните честоти на тази област се нарича **честотна лента на пропускане** на усилвателя.

Динамичен обхват — отношението между амплитудите на най-силния и най-слабия сигнал, който може да се усили. Долната граница се определя от собствения шум на усилвателя, а горната — от допустимите нелинейни изкривявания. За качествено възпроизвеждане динамичният обхват на усилвателя трябва да достига до 60 *дб*.

2. Изкривявания

Изкривяванията представляват изменение формата на сигнала в изхода на усилвателя в сравнение с формата на приложения във входа сигнал. Различаваме **честотни** (линейни), **амплитудни** (нелинейни) и **фазови** изкривявания.

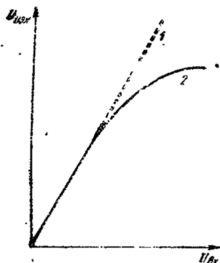


Фиг. 183. Честотна характеристика на нискочестотен усилвател

Честотни изкривявания. Дължат се на нееднаквото усилване на някои честоти и честотни области поради наличието на реактивни елементи в усилвателя.

Зависимостта на коефициента на усилването от честотата се изразява графически с т. нар. **честотна характеристика** (фиг. 183). Ако честотната характеристика в областта от най-ниската до най-високата усилвана честота е права линия, това значи, че коефициентът на усилването е постоянен и усилвателят не създава честотни изкривявания в тази област (крива *1*). Най-често реактивните елементи в усилвателя водят до намаляване на усилването за най-ниските и най-високите честоти (крива *2*). За да се компенсира това изкривяване, създава се изкуствено повдигане на усилването за тези крайни честоти (крива *3*). Честотната характеристика се приема за линейна, ако усилването не се изменя повече от 3 *дб*. Такова изменение на усилването все още не може да се почувствува от човешкото ухо.

Честотната характеристика се строи, като за основна честота се приемат 400, 800 или 1000 *хц* и коефициентът на усилването за цялата честотна лента се нанася спрямо нея. Обикновено за първокласни усилватели се изисква възпроизвеждане от 50 *хц* до 10 000 *хц* при неравномерност, не по-голяма от 2 *дб*. За усилватели от средно качество се допуска честотен обхват 100 *хц* до 7000 *хц* при неравномерност 1 *дб*.



Фиг. 184. Амплитудна характеристика на нискочестотен усилвател

1 — идеална характеристика (линеен усилвател); 2 — реална характеристика

За да се получи желаната форма на честотната характеристика, се правят ч е с т о т н и к о р е к ц и и. Те могат да бъдат постоянни или регулируеми. Много често корекции се правят и за компенсиране на честотните изкривявания, внасяни от електроакустичните преобразователи — микрофони, звукосниматели, високоговорители.

Нелинейни изкривявания. Нееднаквото усилване на сигнали с различна амплитуда може да се изрази чрез а м п л и т у д н а т а х а р а к т е р и с т и к а на усилвателя, която обикновено е нелинейна (фиг. 184). Изкривяването й се дължи на нелинейността на ламповите характеристики и магнетизиращите криви на трансформаторите в усилвателя.

Нелинейността на ламповата характеристика създава условия за изкривяване формата на подадения за усилване сигнал. Ако той има синусоидална форма и амплитудата му достига кривата част на амплитудната характеристика, в изхода на усилвателя ще получим повече или по-малко деформирана синусоида. Това изкривяване, както е известно, има за резултат създаването на х а р м о н и ч н и трептения, които по честота се отличават цяло число пъти от основния сигнал. Тези допълнителни хармонични предизвикват неприятна дрезгавина и неестественост в звученето на някои инструменти и гласове.

Степента на съдържание на хармонични честоти се изразява с к о е ф и ц и е н т а н а н е л и н е й н и т е и з к р и в я в а н и я (клирфактора) *к*. Количествено клирфакторът се определя в проценти по формулата

$$к = \frac{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \cdots + U_n^2}}{U} 100\,(\%),$$

където U е амплитудата на основната честота

U_1 $U_2 \ldots U_n$ са амплитудите на висшите хармонични.

В нискочестотните усилватели се допуска клирфактор до 10 %, като над 4 % изкривяванията вече се долавят от човешкото ухо. Установено е, че нелинейните изкривявания са толкова по-доловими от човешкото ухо, колкото пропусканата честотна лента на усилвателя е по-широка. Също така изкривяванията се долавят по-лесно, когато в музикалното изпълнение преобладават инструменти, даващи чисти тонове (напр. пиано, солови партии). Особено забележими стават изкривяванията, когато втората или третата хармонична по-

падне в областта на най-висока чувствителност на човешкото ухо — около 1000 *хц*.

Към нелинейните изкривявания могат да се причислят и **интермодулационните изкривявания**, дължащи се на комбинационните тонове, получени в изхода на нелинеен елемент от усилвателя, след като във входа му са били подадени две или няколко различни по честота напрежения. Ако например усилвателят трябва да усили два тона, единият с честота 100 *хц* (напр. от пиано), а другият 1000 *хц* (флейта), то в резултат на нелинейността на усилвателя в изхода му освен тези две честоти ще се явят и сумата и разликата от тях — 900 *хц* и 1100 *хц*. От хармоничните на двата основни тона ще се създават нови комбинации от суми и разлики, които също не се съдържат в основните тонове. Тези комбинационни тонове, които не се съдържат в основните или хармоничните им, са без всякакво хармонично съотношение с основните и създават неблагозвучие в музикалното изпълнение. Твърде неприятна дисхармония създават два тона, значително различаващи се по честота, особено когато ниският тон е с голяма амплитуда. Неприятно слухово въздействие се получава и от два близки тона, но с висока честота — например два женски гласа. Тогава разликата между тях е един силно дразнещ тон с ниска честота.

Интермодулационните изкривявания се поддават трудно на измерване, затова най-често за качеството на усилвателя се съди само по коефициента на нелинейните изкривявания. Трябва да се знае обаче, че усилвател, който при един единствен тон има малък клирфактор, при оркестрово изпълнение може да даде значителни изкривявания от комбинационни тонове.

Фазови изкривявания. Реактивните елементи на усилвателя са причина и за фазови измествания на сигналите с различни честоти. Тези измествания водят до фазови изкривявания, които обаче при усилвателите на звукови честоти не се проявяват с някакво неприятно слухово въздействие. По-голямо значение имат фазовите изкривявания при широколентовите и импулсните усилватели.

3. Видове усилвателни схеми

а. Усилватели на напрежение

Предварителното усилване на получения от тоновия източник слаб сигнал става в едно или няколко стъпала — усилватели на напрежение. Те усилват сигнала дотолкова, че в изхода им да се получи напрежение, което да е достатъчно за задействуване на крайното мощно стъпало.

Според начина на включване на анодния товар са възможни три вида схеми на такива усилватели:

схема със заземен катод и товар в анода;

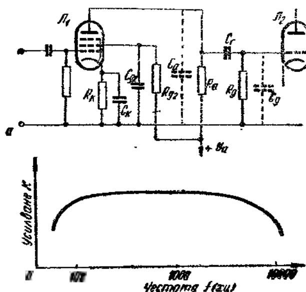
схема със заземен анод и товар в катода (катоден повторител).

Схема със заземена решетка. Първият тип усилватели са намерили най-широко приложение и затова ще ги разгледаме по-подробно.

Вторият тип усилватели се използуват в някои случаи, когато е необходимо голямо входно и малко изходно съпротивление на усилвателя. Коефициентът на усилването му е винаги по-малък от единица и затова той намира приложение не като усилвател, а като трансформатор на съпротивления.

Схемата със заземена решетка се прилага във входните стъпала на високочувствителни усилватели (напр. като микрофонен предусилвател). Използува се в съчетание с второ стъпало със заземен катод, при което се получава много ниско ниво на шумовете.

Схема със заземен катод. *Усилватели със съпротивително-капацитивна връзка* (*RC*-усилвател) са най-често използуваната схема на *нч* усилвател на напрежение. Този вид усилвател не само че е най-прост по изпълнение,



Фиг. 185. Усилвател със съпротивително-капацитивна връзка

а — принципна схема; *б* — честотна характеристика

но и може да даде най-равномерно усилване в широка честотна лента. Принципна схема на *RC*-усилвател е показана на фиг. 185 *а*. За аноден товар на лампата $Л_1$ служи съпротивлението R_a, което поради чисто активния му характер не внася честотни изкривявания.

Коефициентът на усилване на *RC*-усилвателното стъпало се изчислява по формулата

$$K = \frac{\mu R_a}{R_a + R_i},$$

където μ е коефициентът на усилване на лампата $Л_1$;

R_i — вътрешното съпротивление на лампата $Л_1$.

Ако усилвателната лампа е пентод, нейното вътрешно съпротивление е много по-голямо от R_a и последното може да се пренебрегне в знаменателя на формулата. Тогава

$$K = \frac{\mu}{R_i} R_a = SR_a,$$

където S е стръмността на лампата.

Горните формули са в сила за средните честоти от звуковия обхват, където усилването е най-голямо.

При по-ниските честоти капацитивното съпротивление на C_c нараства и усилването K намалява.

При по-високите честоти влиянието на C_c е незначително, но сега започват да се отразяват паразитните капацитети C_a и C_p. Тяхното влияние е толкова по-силно, колкото са по-големи R_a и R_p. Това ограничава прекомерното повишаване на усилването чрез увеличаване на R_a и R_p.

В резултат на горното честотната характеристика на RC-усилвателя получава известно спадане в областта на най-ниските и най-високите честоти (фиг. 185 *б*).

Избор на лампата. Лампата се определя преди всичко от необходимото усилване, което трябва да се получи от стъпалото. При подбора на подходяща лампа трябва да се имат предвид следните съображения:

1. Ако е необходимо голямо усилване от стъпалото, трябва да се използува пентодна лампа. Пентодите имат коефициент на усилване μ, около 20 до 50 пъти по-голям, отколкото триодите. Коефициентът на усилване на RC-стъпало с триод ориентировъчно е $K = (0{,}6 \div 0{,}7)\mu$, а с пентод $K = (0{,}05 \div 0{,}2)\mu$.

2. Поради високото вътрешно съпротивление на пентодите и необходимостта от високоомен аноден товар паразитните капацитети, включени паралелно на товарното съпротивление, оказват много по-голямо влияние върху честотната характеристика, отколкото при триодите.

3. Триодите, които имат малък коефициент на усилване μ, дават и по-малки нелинейни изкривявания, тъй като формата на динамичната им характеристика е по-праволинейна. Това е особено важно за последните предусилвателни стъпала, където амплитудите на усилваните напрежения са по-големи.

Определяне на анодния товар. Оптималната стойност на товарното анодно съпротивление за триодите се намира в границите от 2 до 4 пъти вътрешно съпротивление на лампата

$$R_a = (2 \div 4) R_i,$$

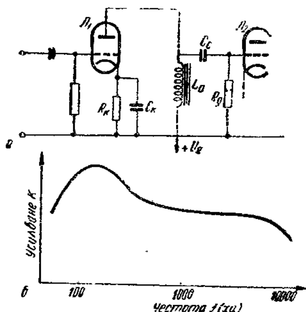
при което усилването от стъпалото ще бъде около $(0{,}6 \div 0{,}7)\mu$. Ако увеличим стойността на товарното съпротивление, усилването расте малко, но в същото време се влошава правотоковият режим на лампата поради намаляване на анодното напрежение. Увеличаването на R_a се ограничава още и от невъзможността да се увеличи успоредно с това и утечката R_p, която променливотоково шунтира анодния товар. На края прекомерното увеличаване на R_a е нецелесъобразно и поради влошаването на честотната характеристика в областта на високите честоти.

При пентодите увеличаването на анодното товарно съпротивление се ограничава преди всичко от честотните изкривявания. На практика R_a за пентодна лампа рядко надвишава $300 \div 400$ *ком*

Определяне на утечното съпротивление R_p. С оглед да се получи по-голямо усилване R_p трябва да се избира по възможност по-голямо. Неговото прекомерно увеличаване е ограничено от решетъчния ток и утечния ток през C_c. Обикновено се приема

$$R_p = (5 \div 10)\, R_a,$$

като неговата стойност нормално е в границите от 0,5 до 2 *мгом*.



Фиг. 186. Усилвател с дроселна връзка

а — принципна схема; *б* — честотна характеристика

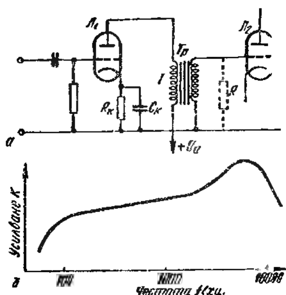
Усилвателят с дроселна връзка вместо активно съпротивление за аноден товар има нискочестотен дросел L_a (фиг. 186). Неговото съпротивление за постоянния ток е много малко, което позволява по-пълно използуване на захранващото напрежение U_a. Това заедно с голямото индуктивно съпротивление на дросела за звуковите честоти позволява да се получи от дроселния усилвател голям коефициент на усилване от едно стъпало.

Зависимостта на индуктивното съпротивление на L_a от честотата създава голяма неравномерност в честотната характеристика на усилвателя, изразена в постепенно повдигане на високите честоти. Появяват се също така и местни повдигания (пикове), дължащи се на паразитни резонансни явления: за ниските честоти — серийният резонанс между L_c и C_a, а за високите честоти — паралелният резонанс между собствения капацитет на навивките му и външните паразитни капацитети.

Частично затихване на резонансните върхове може да се получи чрез шунтиране на L_a със съпротивление $100 \div 200$ *ком*, както и чрез секциониране на намотката му, за да се намали собственият капацитет. В някои случаи обаче острият връх в областта на басовете, получен от паралелния резонанс, се из-

ползува за корекция на честотната характеристика при многостъпален усилвател.

Коефициентът на усилване, който може да се получи от едно усилвателно стъпало с дроселна връзка, е $K = (0{,}8 \div 0{,}9)\,\mu$ за триод и $K = (0{,}2 \div 0{,}3)\,\mu$ за пентод. В този вид усилватели се използват предимно триодни лампи поради ниското им вътрешно съпротивление, което е необходимо за подобряване на честотната характеристика.



Фиг. 187. Усилвател с трансформаторна връзка

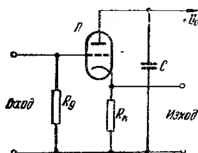
а — принципна схема; *б* — честотна характеристика

Усилвателят с трансформаторна връзка има за аноден товар първичната намотка на нискочестотния трансформатор *Тр* (фиг. 187 *а*). Обикновено се употребява повишаващ трансформатор, при което коефициентът на усилване на стъпалото може да се получи и по-голям от μ на лампата. И тук поради малкото активно съпротивление на първичната почти не се получава спад на анодното напрежение, поради което може да се намали напрежението на захранващия източник.

Като предимство на усилвателя с трансформаторна връзка трябва да се посочи и възможността да бъде използван за симетриране при преминаване от еднотактно към двутактно стъпало. Поради малкото активно съпротивление на вторичната тази връзка може да се приложи и пред крайните мощни стъпала, които работят в режим на решетъчен ток.

Поради големите индуктивност и собствени капацитети на намотките честотната характеристика на този вид усилвател е твърде неравномерна (фиг. 187 *б*). Характерното тук е получаването на резонансен връх в областта на високите честоти, който се дължи на кръга, образуван от индуктивността на разсейване на трансформатора и общия паралелен капацитет към вторичната му намотка. Намаляване на този връх може да се постигне чрез подходяща конструкция на трансформатора (с малко разсейване) или изкуствено — чрез шунтиране на вторичната със съпротивление.

Коефициентът на усилване на стъпалото за средните честоти от звуковия обхват е $K = n\mu$, където n е преводното отношение на трансформатора. Обикновено преводното отношение се избира в границите $n \leq 2 \div 4$, при което резонансният връх се отдалечава към най-високите честоти (7000 ÷ 8000 *хц*). При такъв коефициент на трансформация усилването K практически не се получава много по-голямо, отколкото при другите видове усилвателни стъпала. Усилването на стъпалото намалява още и поради това, че като най-подходящи тук се използват триоди с малко вътрешно съпротивление и следователно с малко μ.



Фиг. 188. Схема на катоден повторител

За да се получи голямо усилване K, могат да се употребят и пентоди с голямо μ. Поради голямото им вътрешно съпротивление обаче те изискват значително повишаване индуктивността на първичната намотка, за да не се получи спадане на ниските честоти.

Схема със заземен анод (катоден повторител). Особеното в схемата е, че товарното съпротивление $R_к$ (фиг. 188) е включено изцяло в катода, при което изходящото напрежение се явява приложено противофазно във входната решетъчна верига. С други думи, приложена е 100 % отрицателна обратна връзка. Изходящото напрежение, взето от двата края на $R_к$, съвпада по фаза с входящото.[1]

Основно качество на катодния повторител е много малкото му изходно съпротивление и високото му входно съпротивление. Изходното съпротивление се определя по формулата

$$R_{изх} = \frac{R_i}{1+\mu} \approx \frac{1}{S}$$

и е толкова по-малко, колкото стръмността на лампата е по-голяма. Нормално $R_{изх}$ на катодния повторител е от порядъка на няколко стотин ома.

Входното съпротивление на катодния повторител при активен товар и малък капацитет решетка-катод на лампата практически е равно на утечното съпротивление $R_р$.

Входният динамичен капацитет е по-малък от този при другите видове усилватели и се определя по формулата

$$C_{вх} = C_{ар} + C_{рк}(1-K).$$

При голям коефициент на усилване (K близо до 1) входният капацитет става почти равен на капацитета $C_{ар}$ на лампата.

Коефициентът на усилването на катодния повторител е винаги по-малък от единица

$$k = \frac{\mu R_к}{R_i + (1+\mu) R_к}.$$

[1] Оттук идва и името на този вид усилвател — повтаря в изхода по форма и по фаза приложеното във входа напрежение.

При лампа с голямо μ (напр. при пентод) горният израз получава вида

$$K = \frac{SR_к}{1 + SR_к},$$

от което се вижда, че усилването K се приближава до единица с увеличаване на $SR_к$.

6. Усилватели на мощност

За разлика от усилвателите на напрежение, от които е необходимо да се получи колкото е възможно по-голямо напрежение в изхода, при усилвателите на мощност се цели отдаването на по-голяма мощност в полезния товар, включен в изхода им. Докато усилвателите на напрежение работят почти на празен ход, тъй като са натоварени на високоомните решетъчни вериги на следващите лампи, крайното стъпало се явява като източник на полезна звукова мощност и е натоварено на нискоомната бобина на високоговорителя. Поради това тук коефициентът на усилване по напрежение не представлява характерна величина за работата на стъпалото.

Чувствителност по мощност. Ценно свойство на крайния усилвател е да отдава възможно по-голяма мощност в изхода при по-малко напрежение, подадено във входа. Количествена оценка на това свойство може да се получи от отношението $\frac{P_{изх}}{U_{вх}}$. Това отношение се движи в границите от 0,05 (за триоди) до 0,25 (за пентоди и лъчеви триоди).

Коефициент на полезно действие. Определя се по формулата

$$\eta = \frac{P_1}{P_0},$$

където P_1 е полезната изходяща мощност, отдадена от стъпалото;
P_0 — изразходваната правотокова мощност в анодната верига.

Избор на лампата. За създаване на полезната променливотокова мощност в крайното стъпало на *нч* усилватели се използуват мощни лампи със специална конструкция — триоди, лъчеви тетроди и пентоди. Характерно за тях е, че са разчетени за голям аноден ток и допускат подаването в решетката на големи амплитуди от усиленото напрежение. Те трябва да имат голяма стръмност и малко вътрешно съпротивление.

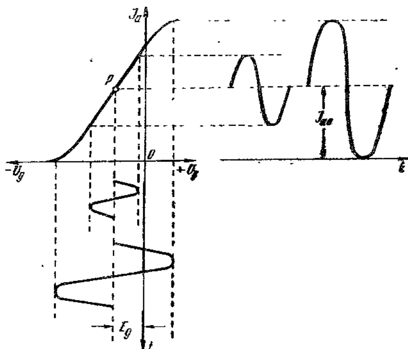
Триодните лампи имат по-малко вътрешно съпротивление и по-голям праволинеен участък в характеристиките си от другите типове лампи. Това позволява лампата да работи като усилвател на мощност с много малки нелинейни изкривявания. От друга страна, за да се получи от триода пълната изходяща мощност, на решетката му трябва да се подаде значително напрежение за възбуждане, което предполага голямо предварително усилване и усложняване на усилвателя.

Малката изходяща мощност, която триодите дават при нормални захранващи и възбудителни напрежения, ги прави рядко приложими в маломощните *нч* усилватели. Най-голяма употреба те намират в мощните усилватели, където е от значение малкият клирфактор, внасян от тях.

Пентодите и лъчевите тетроди имат характеристики с много малка праволинейна част, поради което изкривяванията, които те внасят при

големи амплитуди на възбудителното напрежение, са значителни. За да се получат по-малки изкривявания, тук е необходимо по-точно съгласуване с анодния товар и правилен избор на решетъчното преднапрежение. Независимо от това пентодите и лъчевите тетроди са добили най-голямо разпространение като крайни лампи в усилвателите с малка и средна мощност поради следните им преимущества:

а. Голяма чувствителност. За да се получи една и съща изходяща мощност на пентода или лъчевия тетрод, е необходимо 2÷3 пъти по-малко възбудително напрежение, отколкото е необходимо на триода.

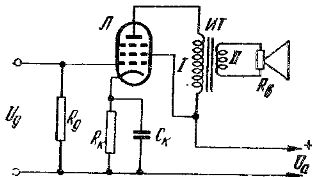


Фиг. 189. Работа на лампата в режим клас *А*

б. Голям КПД, получен в резултат на голямата стръмност на анодните характеристики, поради което се получава и по-висок коефициент на използуване на анодното напрежение.

Усилвател на мощност клас А. За да бъдат минимални нелинейните изкривявания в крайното стъпало, основно изискване е лампата да работи в праволинейната част на динамическата си характеристика и да не навлиза в областта на положителните решетъчни напрежения. Такъв режим на работа се нарича *клас А*. Ако подаденото в решетката променливо напрежение не излиза извън границите на праволинейния участък, формата на колебанията на анодния ток ще съответствува напълно на формата на колебанията в решетъчната верига (фиг. 189). Режимът клас А се характеризира със сравнително малко преднапрежение E_p и голям начален ток I_{a0}. Правотоковата съставна на анодния ток тук е равна на началния ток I_{a0} и в резултат на това КПД на стъпалото е много нисък.

Еднотактно стъпало. Принципната схема на еднотактно стъпало за усилване на мощност е дадена на фиг. 190. Тя е подобна на усилвателно стъпало с трансформаторна връзка, но вместо на високоомен товар тук стъпалото работи на нискоомен товар с голяма консумация (бобинката на високоговорителя).



Фиг. 190. Принципна схема на еднотактно стъпало за усилване на мощност

Изходящата мощност, която може да се получи от стъпалото, се определя по формулата

$$P_1 = \frac{U_p^2}{2} \mu S \frac{\alpha}{(1+\alpha)^2} (вт),$$

където U_p е амплитудата на входящото напрежение (в);
μ — коефициентът на усилване на лампата;
S — стръмността на лампата (а/в);
α — коефициентът на натоварване.

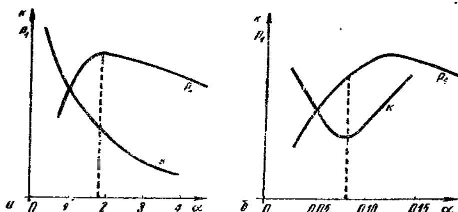
Коефициентът α представлява отношението на съпротивлението на товара към вътрешното съпротивление на лампата:

$$\alpha = \frac{R_в}{R_i}$$

При триоди се приема $\alpha = 2{,}5 \div 5$, а при пентоди — $\alpha = 0{,}08 \div 0{,}15$. Докато при триодите увеличаването на α над 2 води до бързо спадане на нелинейните изкривявания и незначително намаление на изходящата мощност, при пентодите границите на оптималното натоварване са много по-тесни и критични. От фиг. 191 се вижда зависимостта между изходящата мощност P_1, нелинейните изкривявания K и коефициента на натоварване α.

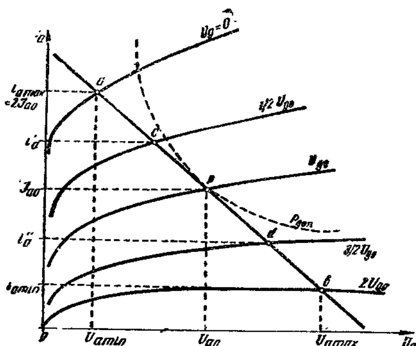
Изчисление на еднотактно крайно стъпало. За по-точно определяне елементите на крайния усилвател при случай, че желаем да го използуваме в режим, различен от типовия, можем да си послужим с анодните характеристики на лампата. На фиг. 192 е даден пример на такава характеристика за пентод. За да построим товарната характеристика, изхождаме от работната точка P, определена от пресичането на U_{a0} с граничната линия за допусти-

мата анодна загуба на мощност $P_{\text{а доп}}$. Напрежението на анода U_{a0} се приема приблизително равно на 0,9 от напрежението на захранващия източник. По-



Фиг. 191. Зависимост на изходящата мощност P_1 и клирфактора κ от коефициента на натоварване α

а — за триод; *б* — за пентод



Фиг. 192. Графично определяне на товарната характеристика за пентод

лучената точка P лежи на линията, отговаряща на решетъчното преднапрежение U_p и анодния ток I_{a0}.

Наклонът на товарната линия се определя с помощта на точката a, отговаряща на $U_p = 0$ и $i_{\text{а макс}} = 2\ I_{a0}$. Точка $в$ се определя от пресичането на

товарната линия с кривата, отговаряща на преднапрежение $U_p = 2\,U_{p0}$. Точките a и $в$ определят граничните стойности $u_{а\,мин}$, $i_{а\,макс}$ и $u_{а\,макс}$, $i_{а\,мин}$.

Разсейваната от анода мощност в режим на покой (за точка P) ще бъде

$$P = \frac{U_{a\,0} \cdot I_{a\,0}}{1000}\ (вт),$$

където U_{a0} е във $в$, а I_{a0} в $ма$.

Действително отдадената изходяща мощност P_1 може да се определи от построената товарна характеристика по формулата

$$P_1 = \frac{(u_{а\,макс} - u_{а\,мин})\,(i_{а\,макс} - i_{а\,мин})}{8000}\,\eta_т\ (вт),$$

където $\eta_т$ е КПД на изходния трансформатор. За изходящи мощности до 1 $вт$ $\eta_т = 0{,}7$; до 5 $вт$ $\eta_т = 0{,}8$; а над 5 $вт$ $\eta_т = 0{,}9$.

От графичното построяване може да се определи и необходимото товарно съпротивление в анода:

$$R_a = \frac{u_{а\,макс} - u_{а\,мин}}{i_{а\,макс} - i_{а\,мин}}\,1000\,(ом)$$

За да се получи необходимото решетъчно преднапрежение U_{p0}, катодното съпротивление $R_к$ трябва да бъде

$$R_к = \frac{U_{p\,0}}{I_{a0} + I_{p2}}\,1000\,(ом),$$

където I_{a0} е анодният ток при покой ($ма$), а I_{p2} е токът в екранната решетка ($ма$).

Коефициентът на нелинейни изкривявания ще се определи по формулата

$$к \approx \sqrt{к_2^2 + к_3^2}.$$

$к_2$ е коефициентът на нелинейни изкривявания от втората хармонична:

$$к_2 = \frac{0{,}5(i_{а\,макс} + i_{а\,мин}) - i_{а0}}{i_{а\,макс} - i_{а\,мин}}.$$

$к_3$ е коефициентът на нелинейни изкривявания от третата хармонична:

$$к_3 = \frac{2(i'_a - i''_a) - (i_{а\,макс} - i_{а\,мин})}{2\,(i_{а\,макс} + i'_a - i_{а\,мин} - i''_a)},$$

където i'_a е анодният ток при $U_p = \frac{U_{p0}}{2}$ (точка $е$);

i''_a — анодният ток при $U_p = \frac{3}{2}\,U_{p0}$ (точка d);

Изчисление на изходния трансформатор.

1. Електрическо изчисление. След като са известни оптималният аноден товар на лампата R_a и съпротивлението на товара (бобината на високоговорителя) $R_в$, може да се определи преводното отношение на изходния трансформатор:

$$n = \sqrt{\frac{R_в}{\eta_т R_a}}$$

Стойностите на $\eta_т$ се приемат приблизително според изходящата мощност (от 0,7 до 0,9). Нормално съпротивлението на товара е много по-малко от необходимия аноден товар на лампата и трансформаторът се получава понижаващ. Преводното отношение обикновено е в границите 0,05 ÷ 0,2.

За да бъдат намалени честотните изкривявания в областта на най-ниските звукови честоти, индуктивността на първичната намотка L_1 трябва да бъде достатъчно голяма и може да се определи по формулата

$$L_1 = \frac{R_a}{7 f_н},$$

където $f_н$ е най-ниската честота, която трябва да бъде усилена. Трябва да се знае, че горното изчисление на L_1 е твърде приблизително. Съществува метод, по който L_1 може да се определи и по-точно, като се взема предвид допустимото намаление на усилването за най-ниската честота.

Прекомерното увеличаване на L_1 също е недопустимо, тъй като по-големият брой навивки и сечение на желязото неминуемо водят до увеличение на индуктивността на разсейване. Тази индуктивност е причина за честотни изкривявания в областта на високите честоти. Намаляването ѝ се постига единствено чрез рационално изпълнение на изходния трансформатор — симетрично или секционирано навиване, подходяща форма на сърцевината и др.

2. Конструктивно изчисление. От дадените електрически параметри L_1 и n, както и от получените графически данни за режима на крайното стъпало можем да определим размерите на сърцевината и да изчислим намотките.

Необходимото сечение на желязната сърцевина е

$$S = 0{,}05\, I_{a0} \sqrt{L_1} \quad (см^2),$$

където I_{a0} е постоянната съставна на анодния ток в *ма*.

От изчисленото сечение S можем да направим избор на пластината и дебелината на набора (табл. 14).

Броят на навивките в първичната намотка трябва да бъде

$$w_1 = 600 \sqrt{\frac{L_1 \cdot l_c}{S}},$$

където l_c е средната дължина на магнитната силова линия за избраната пластина (*см*).

Броят на навивките във вторичната намотка ще бъде

$$w_2 = n' \cdot w_1.$$

Диаметърът на проводника за първичната намотка се определя по формулата

$$d_1 = 1{,}13 \sqrt{\frac{I_{a0}}{1000 . \sigma}} \ (мм),$$

където σ е допустимата плътност на тока в проводника, която се взема 2 ÷ 3 $а/мм^2$. Приема се най-близкият до изчисления диаметър според табл. 16.

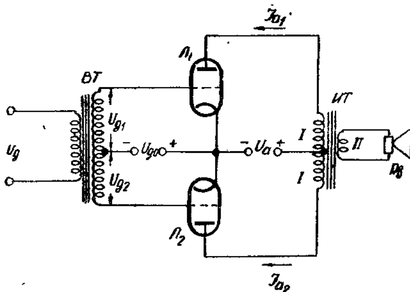
Диаметърът на проводника за вторичната намотка ще бъде

$$d_2 = \frac{d_1}{\sqrt{n}} \ (мм).$$

Поради съществуването на правотоково подмагнитване желязната сърцевина се прави с въздушна междина, определена по формулата

$$b = \frac{I_{a0}\, w_1}{14} 10^{-5} \ (мм).$$

Двутактно стъпало. Схемата на такъв усилвател, наричан още противотактен (пуш-пул), е показана на фиг. 193. Тук променливото напрежение се подава на двете решетки едновременно, но в обратни фази.



Фиг. 193. Принципна схема на противотактно стъпало за усилване на мощност

Двутактните усилватели се характеризират със следните особености и предимства пред еднотактните:

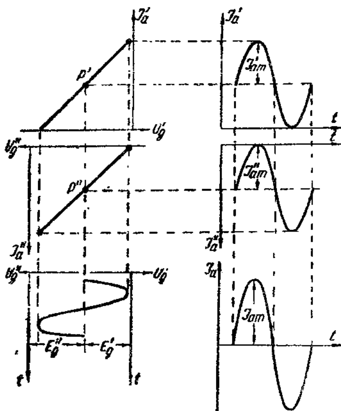
1) Елиминират четните хармонични на усилвания сигнал, с което се намалява коефициентът на нелинейни изкривявания.

2) Липсва правотоково подмагнитване на изходния трансформатор, което също допринася за намаляване на изкривяванията.

3) Пулсациите от недобре филтрираното захранващо право напрежение и от отоплителното напрежение се компенсират взаимно в двете лампи.

4) Позволяват получаването на по-голяма неизкривена изходяща мощност и работа в режим с висок КПД.

Гореизброените предимства на двутактните усилватели могат да се получат само ако се осигури пълна симетрия на двете половини, което не винаги е



Фиг. 194. Графическо представяне работата на двутактно стъпало клас *А*

твърде лесно. Освен това двутактните усилватели изискват във входа си две еднакви по величина, но с обратни фази напрежения, за което трябва да се употребят специални входни трансформатори или фазообръщащи стъпала.

Двутактен усилвател клас А. На фиг. 194 е показана графически работата на двутактния усилвател и клас А. Динамическите характеристики на двете лампи за удобство са завъртени на 180° една спрямо друга, тъй като анодните токове на двете лампи са изместени по фаза на 180°.

При пълна симетрия на схемата и на режимите амплитудите на променливите съставки на анодните токове ще бъдат равни помежду си. Тъй като те са и противофаза, амплитудата на общия аноден ток ще бъде равна на сумата от амплитудите в двете лампи:

$$I_{am} = I'_{am} + I''_{am}$$

Товарното съпротивление, включено между анодите на двете лампи, ще бъде равно на удвоеното товарно съпротивление за едната лампа:

$$R_{aa} = 2\,R_a.$$

Коефициентът на нелинейните изкривявания при добре балансирани половини ще бъде

$$\kappa = \kappa_3,$$

тъй като втората хармонична е елиминирана.

За да се получи необходимото за режима решетъчно преднапрежение:

$$U_{p0} = 0{,}7\frac{U_{a0}}{\mu}.$$

катодното съпротивление (при автоматично получаване на преднапрежението) трябва да бъде

$$R_к = \frac{U_{p0}}{2\,I_{a0}}.$$

Полезната променливотокова изходяща мощност е равна на удвоената мощност от всяка лампа и се изчислява както при еднотактно стъпало, клас *A*.

Двутактните усилватели в режим клас *A* намират приложение само в маломощни усилватели (до 10—15 *вт*), където въпросът за икономичността има много малко значение пред очевидната полза от нищожните изкривявания.

Двутактен усилвател клас В. Решетъчното преднапрежение в този режим е значително по-голямо, отколкото при клас А. Работната точка на лампите се намира в началото на характеристиката им, вследствие на което при липса на сигнал началният аноден ток е равен на нула.

От графиките на фиг. 195 се вижда, че независимо от несинусоидалния характер на отделните анодни токове резултантният ток, а оттам и индуктираното във вторичната на изходния трансформатор напрежение ще бъдат синусоидални. В резултат на кривината в долната част на характеристиката съществува известно отклонение от правилната синусоида и нелинейните изкривявания са по-големи, отколкото при клас *A*.

При сравнение на графиките от фиг. 194 и фиг. 195 може лесно да се забележи, че за получаването на еднаква амплитуда на резултатния ток амплитудата на входящото напрежение трябва да бъде при клас В два пъти по-голяма, отколкото при клас *A*.

Товарното съпротивление между анодите на двете лампи ще бъде

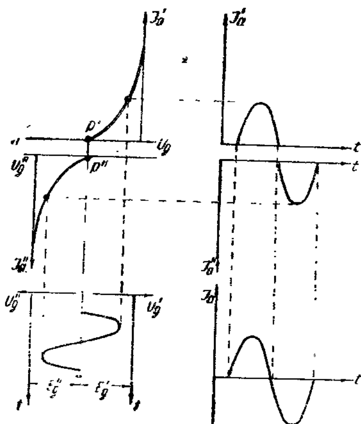
$$R_{aa} = 4R_a.$$

За да бъде анодният ток нула, трябва да се приложи преднапрежение, определено приблизително от

$$U_{p0} \approx \frac{U_{a0}}{\mu}.$$

При усилвателите клас В това предиапрежение не може да бъде получено автоматично (чрез катодното съпротивление), тъй като началният аноден ток е нула.

Нулевият начален аноден ток е причина за малкия разход на енергия от захранващия източник. Поради това коефициентът на полезното действие на такова стъпало е твърде висок — около 50 %. Известно увеличение на КПД



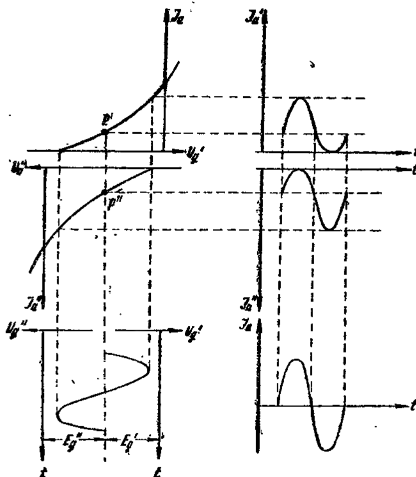
Фиг. 195. Графическо представяне работата на двутактно стъпало клас *B*

(до 60 %) и на полезната изходяща мощност може да се постигне, ако се подбере такъв режим на лампите, че в известни моменти решетките да добиват положителен потенциал и да протича решетъчен ток. Предимствата при този режим (наричан понякога клас B_2) се получават за сметка на увеличени нелинейни изкривявания.

Двутактен усилвател клас АВ. В двутактните усилватели на мощност най-голямо приложение намират схемите, при които лампите работят в междинен режим между клас А и клас В. Такъв режим, наричан клас АВ, се получава, когато решетъчното преднапрежение е така избрано, че работната точка на лампите се намира между началната точка и средата на праволинейната част от характеристиката (фиг. 196). При този режим слабите сигнали ще се усилват почти както при клас А, докато при силен сигнал режимът ще се доближава до клас В. При това положение усилването на слаби сигнали ще става с много

малки изкривявания, като в същото време ще се осигури висок КПД и поголяма изходяща мощност при големи амплитуди на входящия сигнал.

От графиките на фиг. 196 се вижда, че изместването на работната точка към първата част на характеристиката позволява в този режим да се използуват пентоди и лъчеви тетроди, имащи голяма кривина в началния участък на характеристиката си и в клас B биха дали големи изкривявания. В същото време



Фиг. 196. Графическо представяне работата на двутактно стъпало клас *AB*

запазването на малък начален аноден ток има за резултат повишена икономичност на стъпалото — КПД може да достигне до 70 %.

Необходимото за този режим преднапрежение се определя от

$$U_{p0} = (0{,}8 \div 0{,}85)\,\frac{U_{a0}}{\mu}.$$

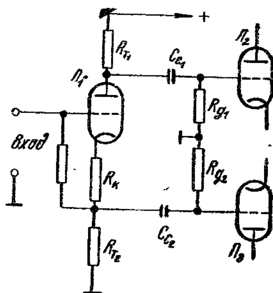
Съществуват две разновидности на този вид усилватели — клас AB_1, когато стъпалото работи без решетъчен ток и клас AB_2, когато при силни сигнали се достига до областта на решетъчните токове.

При режим на работа в клас AB_1 решетъчното преднапрежение може да бъде получено и автоматично (чрез катодно съпротивление). Това е допустимо само ако работната точка е подбрана така, че началният аноден ток да е по-голям, т. е. при по малко решетъчно преднапрежение. Тогава с увеличаване на входящия сигнал средната стойност на анодния ток нараства, но успоредно с това се увеличава и преднапрежението, което разширява границите на използване на лампата.

В клас AB_2 решетъчното преднапрежение трябва да бъде фиксирано, което налага получаването му от отделен източник. При силен сигнал в решетъчната верига протича ток, което показва, че в нея се изразходва известна мощност. Това изисква предното стъпало да работи не само като усилвател на напрежение, но и да може да дава известна мощност, необходима за захранване на решетъчната верига на крайното стъпало. В режим AB_2 може да се получи по-голяма мощност и по-добър КПД, отколкото при AB_1, но за сметка на увеличени нелинейни изкривявания поради навлизането в областта на решетъчните токове.

в. Фазообръщащо стъпало

Фазообръщащите стъпала се използват в *нч* усилватели за преминаване от еднотактна към двутактна схема. В тях се създават две еднакви по величина но с противоположна фаза напрежения, необходими за правилната работа на двутактното стъпало.

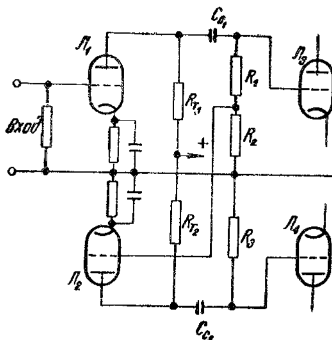


Фиг. 197. Фазообръщащо стъпало с разделен товар

В най-простия случай може да бъде приложена схемата, показана на фиг. 193. За фазообръщане в случая се използува трансформатор, чиято вторична намотка има отвод в средата. Този начин страда от всички недостатъци на усилването с трансформаторна връзка и се прилага само при работа на крайното стъпало в режим с решетъчен ток (AB_2 или B_2).

Съществуват схеми, при които получаването на двете напрежения с противоположни фази стават чрез отделно лампово стъпало, наречено фазообръщащо.

Схема на разделен товар. На фиг. 197 е дадена схемата на фазообръщащо стъпало с един триод. Товарното му съпротивление е разделено на две равни части — едната, включена към анода ($R_{т1}$), а другата — към катода ($R_{т2}$).



Фиг. 198. Фазообръщащо стъпало с двоен триод

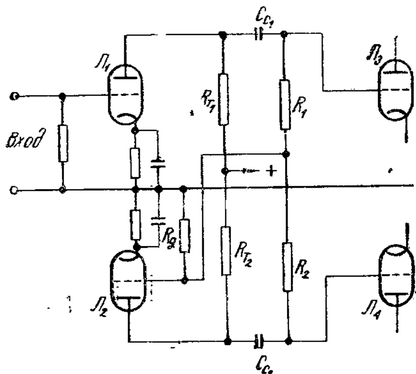
Напреженията, получени в тези товарни съпротивления, са дефазирани на 180°. За да бъдат еднакви и по величина, необходимо е пълно равенство на двете половини от товара.

Схемата от фиг. 197 работи с дълбока отрицателна обратна връзка, създадена от съпротивлението $R_{т2}$. Поради това изкривяванията, които лампата внася, са много малки, но в същото време това стъпало не дава никакво усилване.

Схема с допълнително дефазаторно стъпало. В този случай двете равни, но с противоположни фази напрежения се вземат от товарните съпротивления $R_{т1}$ и $R_{т2}$. За да бъде напрежението върху $R_{т2}$ дефазирано на 180°, на решетката на триода $Л_2$ се подава част от напрежението, получено в изхода на $Л_1$. То се взема през делителя $R_1 — R_3$, който е така подбран, че напрежението, върнато в решетката на $Л_2$, е точно равно на напрежението във входа на $Л_1$. Тогава двете напрежения върху $R_{т1}$ и $R_{т2}$ не само че ще са дефазирани на 180°, но и ще бъдат еднакви по величина. В схемата от фиг. 198 за лампите $Л_1$ и $Л_2$ се използува най-често един двоен триод. Недостатъкът на схемата е, че с течение на времето двете триодни системи могат да изменят параметрите си, което ще доведе до нарушаване симетрията на крайното стъпало.

Схема с автобалансиране. Характерно за тази схема е, че напрежението за входа на фазообръщащия триод $Л_2$ се взема от общата точка на съпроти-

вленията R_1 и R_2 на фиг. 199. Съпротивлението R_g представлява общо утечно съпротивление както за $Л_2$, така и за крайните лампи $Л_3$ и $Л_4$. На края съпротивлението R_1 трябва да бъде с 10 до 20% по-малко от R_2. При тази постановка на решетката на $Л_2$ се подава напрежение, равно на разликата от напреженията върху R_2 и R_1. Тогава всяко изменение както на входящото



Фиг. 199. Автобалансна схема на фазообръщащо стъпало

напрежение, така и на усилените напрежения от $Л_1$ и $Л_2$ ще се компенсира автоматически от $Л_2$. Така например, ако усилването на $Л_1$ е намаляло, напрежението върху R_{T1} и R_1 ще бъде по-малко, като съответно на $Л_2$ ще бъде по-малко напрежение. Това ще предизвика намаляване на напрежението и върху R_{T2} и балансирането се запазва. Същото ще се получи, ако по една или друга причина е намаляло или се е увеличило приложеното към $Л_1$ входящо напрежение, както и при изменение усилването на триода $Л_2$.

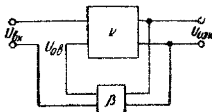
4. Отрицателна обратна връзка

Прилагането на отрицателната обратна връзка в нискочестотните усилватели води до значително подобряване на качествените им показатели — намаляване коефициента на нелинейните изкривявания, подобряване на честотната характеристика, понижаване на изходното съпротивление. Правилно подбраната отрицателна обратна връзка намалява променливотоковия брум и повишава стабилността на работата на усилвателя.

Осъществяването на отрицателна обратна връзка става, като част от усиленото напрежение от изхода на усилвателното стъпало се върне във входа му с

противоположна фаза по отношение на входящия сигнал (фиг. 200). На входа на усилвателното стъпало с коефициент на усилване K се подава освен входящото напрежение $U_{вх}$ още и част от усиленото напрежение $U_{ов}$ чрез веригата за обратна връзка. Отношението β, което показва каква част от изходящото напрежение е подадена наново във входа, се нарича **коефициент на обратната връзка**:

$$\beta = \frac{U_{ов}}{U_{изх}}$$



Фиг. 200. Блокова схема на усилвател с отрицателна обратна връзка

Колкото е по-голямо β, толкова по-дълбока ще бъде отрицателната обратна връзка и по-малко усилването, получено от стъпалото. При $\beta = 1$ цялото изходящо напрежение се връща във входа и усилването е по-малко от единица (100 % обратна връзка). При $\beta = 0$ обратна връзка липсва и стъпалото дава нормалното си усилване K. **Коефициентът на усилване** на усилвател с отрицателна обратна връзка се определя по формулата

$$K_{ов} = \frac{K}{1 + \beta K},$$

което показва, че при прилагане на обратна връзка усилването се намалява $1 + \beta K$ пъти. Поради това, за да се запази необходимото усилване K, се налага въвеждането на допълнителни усилвателни стъпала.

Коефициентът на нелинейните изкривявания при отрицателна обратна връзка е

$$k_{ов} = \frac{k}{1 + \beta K},$$

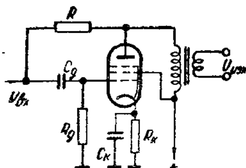
където k е клирфакторът без приложена обратна връзка. От тази формула се вижда, че клирфакторът намалява с $1 + \beta K$ пъти, ако е приложена отрицателна обратна връзка. В същата степен (с $1 + \beta K$) намаляват и честотните изкривявания, внесени от стъпалото, обхванато от отрицателна обратна връзка.

Отрицателната обратна връзка намалява също и действуващото вътрешно съпротивление R_i на лампата:

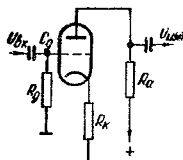
$$R_{i\,ов} = \frac{R_i}{1 + \beta K},$$

вследствие на което се намалява и изходното съпротивление на усилвателя. Това създава по-голяма независимост на напрежението в изхода от съпротивлението на товара. По-слабата зависимост на изходящото напрежение от товара е особено важно качество при усилвателите с променлив товар — например в радиотранслационните възли.

Отрицателната обратна връзка може да бъде получена непосредствено от изходящото напрежение на усилвателя, при което имаме обратна връзка по напрежение. Пример за такава обратна връзка е даден на фиг. 201,



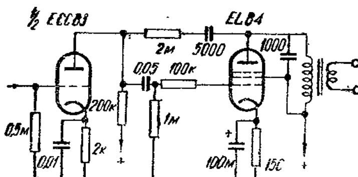
Фиг. 201. Обратна връзка по напрежение



Фиг. 202. Обратна връзка по ток

където напрежението за обратна връзка се взема от анода на лампата и се подава на решетката ѝ чрез съпротивлението R.

Отрицателна връзка по ток се получава от тока в изходната верига на усилвателя, при което напрежението за обратна връзка, върнато на входа, е про-

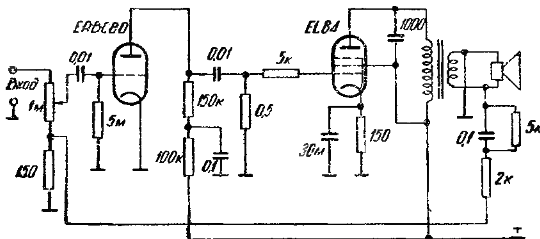


Фиг. 203. Прост нискочестотен усилвател с честотно зависима отрицателна обратна връзка

порционално на тока в изхода. На фиг. 202 е показана схема, в която е приложена отрицателна обратна връзка по ток. Създава се чрез нешунтирано или слабо шунтирано за звуковите честоти катодно съпротивление.

Ако напрежението за обратна връзка се довежда до входа по верига, съставена само от активни елементи, коефициентът на обратната връзка β ще бъде еднакъв за всички честоти, т. е. ще имаме честотно независима обратна връзка. Ако обаче във веригата на обратната връзка се включи реактивен елемент — кондензатор, тя става честотно зависима. На фиг. 203 е дадена схема на прост нискочестотен усилвател с честотно зависима отрицателна обратна връзка. Поради малката стойност на C_g за ниските честоти

ще имаме по-малко напрежение за обратна връзка и усилването се запазва голямо. При високите честоти обратната връзка е по дълбока и усилването спада. По такъв начин се получава повдигане на басовете. За да се повдигнат



Фиг. 204. Нискочестотен усилвател с отрицателна обратна връзка, обхващаща две стъпала

и високите честоти, може да се приложи обратна връзка по ток, като шунтиращият кондензатор C_1 се подбере с по-малка стойност. Тогава той ще запази своето шунтиращо действие само за най-високите честоти, докато за останалите честоти се създава необходимата обратна връзка чрез R_2.

Отрицателната обратна връзка може да обхване едно, две или повече стъпала от усилвателя. В дадените досега примери обратната връзка обхващаше само едно стъпало. На фиг. 204 е показана схема с приложена честотно зависима обратна връзка, която обхваща и двете стъпала заедно с изходния трансформатор. Напрежението на обратната връзка се взема от вторичната на изходния трансформатор и се подава в решетъчната верига на първата лампа.

Когато отрицателната обратна връзка обхваща само едно стъпало, дефазирането на напрежението за обратна връзка се получава автоматически, ако е взето от анода и е върнато в решетката (фиг. 201 и 203). Ако обратната връзка обхваща повече стъпала, напрежението трябва да се подаде по такъв начин, че да се осигури необходимото дефазиране. Схемата от фиг. 204 създава удобството, че правилното дефазиране може да се получи чрез просто разменяне крайщата, от които се получава напрежението за обратна връзка.

Осма глава

УКВ ПРИЕМНИЦИ И ПРЕДАВАТЕЛИ

1. Особености на трептящите кръгове на УКВ

С повишаването на честотата и навлизането в обхвата на УКВ над 30 *мгхц* (10 *м*) нарастват и изискванията по отношение на трептящите кръговете и техните елементи. Причините за това са както бързото влошаване на качествения фактор от увеличените загуби, така и от невъзможността да се постигне достатъчно високо резонансно съпротивление поради наличието на неизбежни паразитни капацитети, сравними по стойност с тези на кръга.

Загубите, които се получават при по-високите честоти, са:

1. Загуби от диелектриците. За намаляването им е необходимо използуването на висококачествени изолационни материали с най-малък $tg\delta$ (вж. т. 13 от 1 гл.). При изработването на УКВ кръгове добре е да се използуват колкото е възможно по-малко по обем и количество изолационни материали.

2. Загуби в проводниците. Дължат се на увеличеното активно съпротивление вследствие на повърхностния ефект. Намаляването им се постига с увеличаване повърхността на проводника (по-голям диаметър, шини) и на повърхностната му проводимост (посребряване).

3. Загуби от излъчване. Особено силно е влиянието им при съществуването на паразитни връзки с близко стоящи метални предмети и кръгове. Загубите от изключвания зависят също така и от диаметъра на бобината, който не трябва да бъде много голям. С повишаване на честотата, когато дължината на вълната стане съизмерима с геометрическите размери на кръга, излъчената енергия може да стане по-голяма от използуваната.

За намаляване вредните последствия от всички тези загуби за честоти от около 300 *мгхц* нагоре обикновените кръгове със съсредоточени параметри започват да се изместват от други с много по-голям качествен фактор — двупроводни и коаксиални линии, обемни резонатори.

При изработването на УКВ кръгове трябва да се има предвид, че освен малки загуби кръгът трябва да притежава и висока стабилност на резонансната си честота. Това е особено необходимо за автогенераторни кръгове. За да се постигне висока стабилност, елементите на кръга трябва да се изработват от материали с малък температурен коефициент, притежаващи пълна обратимост (цикличност) при промяна на атмосферните условия (температура, влажност). Необходимо е освен това както елементите, така и целият кръг да бъдат механически здрави и солидно укрепени. Добра температурна стабилност се постига чрез прилагане на различни — електрически и механически методи за термокомпенсация.

а. Кондензатори за УКВ

Постигането на висока стабилност на УКВ апаратурите може да стане само чрез повишаване качествения фактор и температурната стабилност на кръговите елементи. Кондензаторите са елементи, които най-силно влияят върху еталонността на УКВ кръговете и постигането на висока честотна стабилност е възможно само при специална конструкция на тези елементи.

Общите изисквания за УКВ кондензаторите, както постоянни, така и променливи, могат да се групират в следните няколко точки:

1. Голяма температурна стабилност. При постоянните кондензатори тя се постига с използуването на керамични кондензатори от термостабилна керамика. Такива са например кондензаторите от групите Ж и М (съветски тип КТК или КДК), както и тези с тъмнозелен цвят (немски — *Hescho*). Температурните коефициенти на керамични кондензатори от тези два типа могат да се видят от табл. 4. Постоянни кондензатори с въздушен диелектрик също намират приложение на УКВ поради голямото постоянство на диелектричната константа на въздуха. Те обаче са нестабилни по отношение на механически изменения на геометричните размери вследствие температурните разлики. Тези изменения могат значително да се намалят чрез употреба на специални метали и сплави с малък коефициент на разширение (напр. инвар). Прилагат се и различни способи за механическа термокомпенсация с помощта на метали, имащи различни коефициенти на разширение.

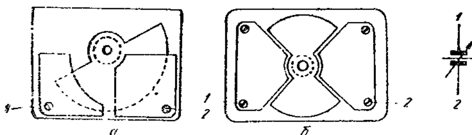
2. Малки загуби в диелектрика и в изолацията между статор и ротор. С повишаване на честотата $tg\delta$ на най-често употребяваните диелектрици (хартия, слюда) силно спада. Налага се използуването на материали, чийто $tg\delta$ има по-слаба честотна зависимост — въздух, вч керамика, полистирол. С употребата на тези диелектрици освен това се получава и значително по-малка зависимост на качествата на кондензатора от външни влияния — температура, влага.

За намаляване на диелектричните загуби изолационният материал между статор и ротор трябва да бъде колкото може по-малък по обем и от по-високо качество — най-добре вч керамика.

3. Малки загуби в металните части. Омическото съпротивление на изводите и другите метални части на кондензатора, както и контактното съпротивление в триещите се части на роторния извод създават активни загуби, чието влияние при УКВ става твърде забележимо. Избягват се най-сигурно с безконтактно (капацитивно) извеждане на ротора (фиг. 205 *а*) или със симетричен двоен статор и изолиран ротор (фиг. 205 *б*). В последния случай с движението на ротора се мени общият капацитет на двата последователно свързани кондензатора.

4. Малки паразитни индуктивности и капацитети. Индуктивността на изводите и паразитните капацитети към маса имат за резултат появяването на твърде неприятни резонансни явления при работа на УКВ. Използуването на специални керамични кондензатори с много къси изводи и отдалечаването им от шасито при монтажа могат да отдалечат паразитния резонанс от работната област.

При променливите въздушни кондензатори са в сила споменатите в горните няколко точки изисквания заедно с необходимостта от голяма механическа стабилност. За изпълнение на това условие всички части на променливите УКВ кондензатори — шаси, роторен и статорен пакет, се правят от дебели лети или фрезовани метални части.



Фиг. 205. УКВ променливи кондензатори с безконтактен роторен извод

а — ротор с капацитивно токоотвеждане; б — изолиран ротор с двоен симетричен статор

6. Бобини на УКВ

За постигането на висока качественост и стабилност на трептящия кръг за УКВ необходимо е бобината му да притежава високи качествени показатели. Изискванията, които могат да се поставят за постигане на такива показатели, са:

1. **Висока стабилност на индуктивността.** Стабилността на бобината се определя преди всичко от устойчивостта на нейната индуктивност срещу влиянията на температурата и влажността на околната среда, както и от механическата ѝ устойчивост. За постигане на високостабилни УКВ бобини използува се материал за тялото с малък температурен коефициент на разширение и намотка, която не позволява големи промени в геометричните размери на бобината под влияние на температурните разлики. Най-подходящ материал за тяло на бобината е вч керамика, а най-подходяща намотка е тази, получена чрез нанасяне на сребърен слой върху керамиката или чрез навиване „на горещо" (проводникът преди навиването се загрява). Такива бобини притежават също и голяма механическа стабилност.

Противовлажната устойчивост се определя изключително от влагопроницаемостта на изолационното тяло. Употребата на керамика свежда до минимум вредното влияние на влагата върху стабилността на бобината.

2. **Висок качествен фактор.** Качественият фактор на бобините се определя от големината на внесените активни съпротивления в резултат на различни загуби — от медта, от диелектрика, от околните метални части и от излъчване. Докато при по-ниските честоти са от значение предимно загубите в медта, при честотите от метровия обхват преобладават загубите от излъчване и от диелектрика.

За да се намалят загубите от излъчване, диаметърът на бобините се прави по-малък (не повече от 20 до 30 *мм*). Загубите в диелектрика се намаляват чрез употребата на материал за тялото с най-малък $tg\delta$ (керамика). От значение е също и по-малката плоскост на допиране между проводника и тялото, поради което последното често се прави ребресто. Загубите от екраните и други близко стоящи метални части се дължат на индуктираните в тях токове на Фуко. При УКВ тези загуби са твърде големи, поради което УКВ бобините рядко се екранират. Токове на Фуко се индуктират и в самите проводници и създават загуби от повърхностния ефект. За намаляването им се използуват проводници с голяма повърхност — шини, кухи тръби, и се прави посребряване на повърхността им.

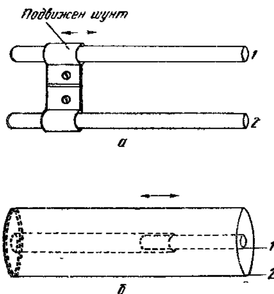
3. Малък собствен капацитет. Големината на собствения капацитет зависи преди всичко от вида на намотката и геометричните размери на бобината. Не по-малко влияние, особено при УКВ бобините, оказва и диелектричната константа на тялото и на изолацията на проводника. УКВ бобините, които са изключително еднослойни и със стъпка, имат много малък собствен капацитет. Последният се намалява още повече при употребата на неизолиран проводник и възможно най-малък допир на проводника до тялото (ребресто тяло).

Големият собствен капацитет, освен че намалява честотното покритие на кръга, в който участвува бобината, но и внася значителни загуби, тъй като диелектрикът е обикновено с голям $\operatorname{tg}\delta$. Освен това собственият капацитет заедно с части от бобината или с паразитните индуктивности образуват вредни и трудно отстраняващи се паразитни резонанси.

Освен собствения капацитет, получаващ се между отделните навивки, не по-малко вредно влияние имат и паразитните капацитети спрямо близките екрани и метални части. Последствията от тях са същите, както и изброените по-горе.

в. УКВ кръгове с разпределени параметри

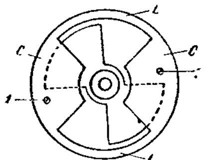
Обикновените трептящи кръгове със съсредоточени параметри (кондензатор и бобина) могат да намерят приложение при честоти от метровия обхват, т. е. до около 300 *мгхц*. Колкото се увеличава честотата, загубите стават все по-значителни и се налага преминаването към други форми на трептящи кръгове. Понеже началният капацитет на кръга е ограничен от междуелектродните външни капацитети, то повишаването на резонансната честота на кръга може да стане вече единствено чрез намаляване на индуктивността му. Това обаче води до намаляване на резонансното съпротивление $R_{рез} = \frac{L}{CR}$ на кръга, с което се намалява усилването и КПД на генераторите, тъй като последните работят в твърде неблагоприятен режим. Премахването на кръговия кондензатор и настройката чрез изменение на индуктивността може да намери приложение до известна честотна граница. Над 150—200 *мгхц* обаче настройващият елемент (медна плочка или пръстен) внася чувствителни загуби от токове на Фуко и се налага преминаването към други колебателни системи — кръгове с разпределени параметри. Такива са двупроводната (фиг. 206 *а*) и коаксиалната (фиг. 206 *б*) резонансна линия. Те притежават всички характерни за един трептящ кръг свойства, като при това имат значително по-висок качествен фактор. Резонансната честота зависи от дължината на линията и се определя от $l = \frac{\lambda}{4}$.

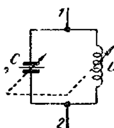


Фиг. 206. Двупроводна и коаксиална линия

1, 2 — отворен край на линиите

Двупроводните резонансни линии се правят от медни тръби с диаметър от 6 до 12 *мм*. Разстоянието между тях се взема от 2 до 4 пъти диаметъра на тръбите. По-малкото разстояние води до увеличаване на загубите от вихрови токове, а по-голямото — до увеличаване загубите от излъчване.





Фиг. 207. УКВ кръг тип „Бътерфлай"

Коаксиалните резонансни линии имат повисок Q-фактор поради значително по-малките загуби от излъчване. Той може да достигне до няколко хиляди при подходящи изолационни материали.

Настройката както на двупроводните, така и на коаксиалните линии се извършва с подвижен шунт и дадения на късо край.

В граничната област между метровите и дециметровите вълни (200 до 500 *мгхц*) намират приложение и други колебателни системи, включващи в себе си капацитета и индуктивността на трептящия кръг. Такива са напр. кръговете от типа „Бътерфлай" (пеперуда) — фиг. 207. Двете части C са статорите на кондензатора, а дъгите между тях L със своята индуктивност изпълняват ролята на бобина. При въртенето на ротора се изменят едновременно капацитетът и индуктивността, с което се постига голямо покритие по честота — 3 до 4 пъти.

За сравнение може ориентировъчно да се посочи, че в метровия УКВ обхват LC кръговете имат резонансно съпротивление около 1 *ком*, кръговете „Бътерфлай" — 5 *ком*, двупроводните резонансни линии — 10 *ком*, а коаксиалните линии и обемните резонатори — до 100 *ком*.

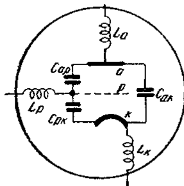
2. УКВ предаватели

Работата на УКВ поставя специални изисквания не само към елементите на трептящите кръгове, но и към лампите, които, използувани като УКВ генератори, трябва да имат по-особена конструкция. Докато при по-ниските честоти те могат да се считат за безинертни преобразователи, при УКВ с повишаване на честотата времето за прелитане на електроните от катода до анода може да стане от един порядък с периода на колебанието. Увлечените примерно от положителната решетка електрони ще стигнат до анода след изтичане на положителния полупериод, което ще предизвика забавяне на анодния ток спрямо приложеното напрежение, т. е. дефазирането между тях ще бъде различно от 0°. Последствията от този ефект са твърде неприятни: влошаване на условията за самовъзбуждане, деформиране на анодния импулс, намаляване КПД на генераторите и, което е особено важно — значително увеличаване на входната активна проводимост на лампата.

Тъй като горният ефект е толкова по-силен, колкото разстоянието катод-анод е по-голямо, конструкцията на лампите за УКВ се отличава с малки междуелектродни разстояния. Това обаче изисква съответно намаляване на геометричните размери на електродите, за да се компенсира увеличението на

междуелектродиите капацитети. Намалените размери иа лампите за УКВ ограничават и затрудняват конструирането на мощни лампи, изисквайки специални мерки за охлаждането.

Влиянието на междуелектродните капацитети и на индуктивностите на изводите се отразява чувствително при работата иа УКВ и може да стане причина за неспособността иа дадена лампа да работи над определена честота. И наистина, докато за по-ниските честоти междуелектродните капацитети на лампата са значително по-малки от кръговите капацитети, то при УКВ тяхната стойност може да се окаже по-голяма от необходимата за получаване на желаната резонансна честота на кръга. Заедно с индуктивностите иа изводите тези капацитети образуват трептящи кръгове, чиято резонансна честота представлява граничната честота, на която може да осцилира лампата (при свързани на късо външни изводи). Особено вредно е влиянието на индуктивността на катодния извод $L_к$ (фиг. 208), създаващ обратна връзка между анодната и решетъчната верига. Влиянието иа проходния капацитет C_{ap} в усилвателните стъпала става още по-подчертано при УКВ и прави много мъчно отстраняването на самовъзбуждането. От друга страна, намаленото капацитивно съпротивление иа C_{ap} дава възможност в УКВ осцилаторите да се прилагат успешно схеми с капацитивна обратна връзка, постигната чрез капацитета C_{ap}. Като осцилаторни лампи за УКВ се използуват почти изключително триоди. Специално конструираните за тази цел лампи, като 6С1П, 6Н15П, 6С1Ж, ЕС92, ЕСС81, ЕСС85 и др., имат такова разположение на изводите, при което се получават минимални паразитни капацитети и индуктивности. Диелектричните загуби в изолацията между електродите са също намалени поради употребата на специални изолационни материали в цоклите и балона или чрез безцокълно извеждане на крачетата.



Фиг. 208. Междуелектродни капацитети и индуктивности на изводите на един триод

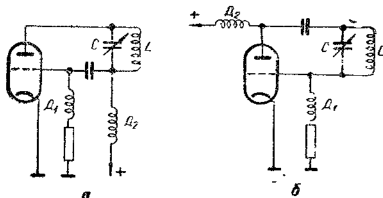
а. Автогенератори на УКВ

На нашите радиолюбители за работа на УКВ са предоставени обхватите 144—146 *мгхц* и 420—440 *мгхц*. Принципна разлика в използуваните схеми иа тези два обхвата няма. Различията са само във вида на трептящите кръгове и типа на употребените лампи.

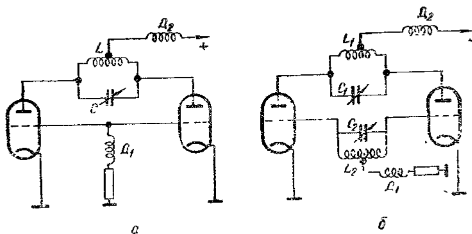
Най-характерната разлика между автогенераторите за КВ и за УКВ е тази, че при УКВ се прилага изключително капацитивна обратна връзка. Индуктивната обратна връзка тук би създала неустойчиво самовъзбуждане поради силното влияние на проходния капацитет анод-решетка, който създава допълнителна нежелана обратна връзка. В генераторите на УКВ се използува именно тази обратна връзка, получена чрез капацитета анод-решетка на лампата и на монтажа.

Схемите, използувани в УКВ генератори, не се отличават с много разновидности. Най-често това са еднотактният генератор (ултрааудион) с паралелно или последователно захранване (фиг. 209) или двутактният генератор с един или с два настроени кръга (фиг. 210). Нерядко схемата иа фиг. 209 се видо-

изменя, като анодното напрежение се подава чрез средна точка на бобината *L*. С това се намалява влиянието на индуктивността и паразитните капацитети на дросела $Д_2$ върху резонансната честота на кръга. Двутактните генератори



Фиг. 209. Еднотактни УКВ генератори с капацитивна обратна връзка
а — с последователно захранване; *б* — с паралелно захранване

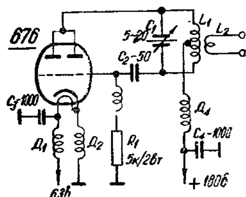


Фиг. 210. Двутактни УКВ генератори
а с един настроен кръг; *б* — с два настроени кръга

работят много добре на любителските УКВ обхвати. Те генерират устойчиво на 420 *мгхц*, тъй като влиянието на проходните капацитети върху кръга е намалено наполовина (съединени са последователно в двете лампи). Двутактните схеми позволяват също използуването на симетрични двупроводни линии за трептящи кръгове, както и по-просто свързване с антената, която най-често е симетрична.

Маломощните УКВ предаватели (до около 5 *вт*) най-често са едностъпални и представляват един автогенератор, чийто трептящ кръг е свързан направо с антената. Стабилността на такива предаватели е ниска и използуването им може да бъде оправдано само ако приемането става със свръхгенератор, имащ широка пропускана лента. Малко по-голяма стабилност притежават дву-

тактните УКВ генератори (особено този от фиг. 210 *б*). По-голямата стабилност при тях се обуславя от възможността да бъдат употребени резонансни линии имащи голям качествен фактор.



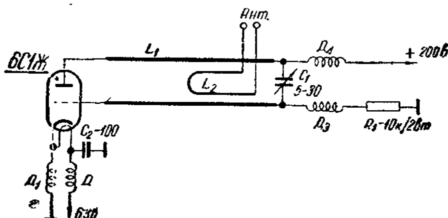
Фиг. 211. Прост едностъпален предавател за 144 *мгхц*

$Д_1$, $Д_2$ — 20 *нав*, ПЕЛ-0,8, на тяло от съпротивление с диаметър 6 *мм*, с дължина 20 *мм*, с прогресивна стъпка; $Д_3$, $Д_4$ — 60 *нав*, ПЕЛ-0,25, на тяло от съпротивление с диаметър 6 *мм*, дължина 25 *мм*, с прогресивна стъпка; L_1 — 3 *нав* от меден посребрен проводник с диаметър 2 *мм*, вътрешен диаметър 14 *мм*, дължина 12 *мм*; L_2 — 1 *нав* от меден посребрен проводник с диаметър 1,5 *мм*

На фиг. 211 е дадена практическа схема на малък УКВ генератор — предавател за 144 *мгхц*. Използуван е разпространеният двоен триод 6J6 (6Н15П), чиито две системи са свързани заедно. Малките капацитети на тази лампа позволяват такова свързване, при което стъпалото отдава около 1 *вт* вч мощност в антената. За работата на телефония точката „ + 180 *в*" трябва да се свърже към горния край на модулационния трансформатор в модулатора. Най-често се работи на фиксирана настройка, при което вместо променливия кондензатор C_1 може да се употреби обикновен керамичен тример.

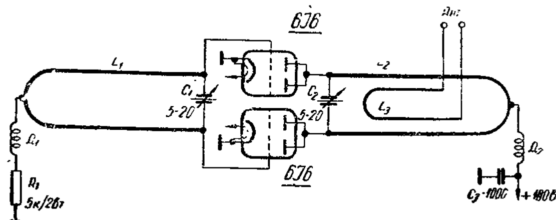
На фиг. 212 е представена схемата на подобен предавател за 420 *мгхц*. Посочената лампа 6С1Ж („955") може да бъде заменена с ЕС92, 6С1П или 6J6. Трептящият кръг е четвъртвълнова симетрична линия (L_1), като връзката с антената се осъществява чрез *U*-образната скоба L_2. Може да се приложи анодна модулация също както и в предния случай. Вместо с кондензатора C_2 от фиг. 211 тук разделянето на правотоковата анодна верига от решетъчната става чрез кондензатора C_1, изпълняващ същевременно и ролята на шунтиращ мост в края на линията. С това се премахва вредното влияние на решетъчния дросел $Д_3$ върху резонансната честота на линията.

Две схеми на двутактни едностъпални предаватели за 144 и 420 *мгхц* са показани на фиг. 213 и 214. Употребени са четвъртвълнови резонансни линии, което значително повишава полезната мощност, получена от лампите. Вместо с променливи кондензатори настройката може да стане с подвижен окъсяващ



Фиг. 212. Едностъпален предавател за 420 *мгхц*

$Д_1$, $Д_2$ — 12 *нав*, ПЕЛ-0,8, диаметър 5 *мм*, дължина 20 *мм*, без тяло; $Д_3$, $Д_4$ — 8 *нав*, ПЕЛ-0,8, диаметър 5 *мм*, дължина 20 *мм*, без тяло; L_1 — 2 броя посребрени медни тръби с диаметър 6 *мм* и дължина на всяка от тях 50 *мм*; разстояние между тръбите 15 *мм*; L_2 — посребрен меден проводник 2 *мм*, дължина на обхващане 20 *мм*, ширина 15 *мм*



Фиг. 213. Двутактен едностъпален предавател за 144 *мгхц*

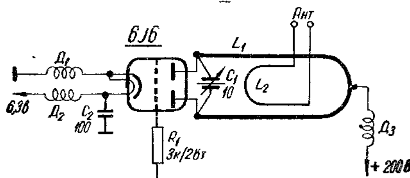
$Д_1$, $Д_2$ — 60 *нав*, ПЕЛ-0,25 върху тяло от съпротивление с диаметър 6 *мм*, дължина 20 *мм*, с прогресивна стъпка; L_1, L_2 — медна посребрена тръба с диаметър 6 *мм*, дължина на рамото 170 *мм*, ширина 20 *мм*; L_3 — меден посребрен проводник с диаметър 2 *мм*, дължина на обхващане 50 *мм*, ширина 20 *мм*

мост, който се движи по външния край на линиите. Вместо тръби за линиите може да се употреби медна шина или проводник с диаметър 3 -4 *мм*.

6. Автогенератори с кварцова стабилизация

Обработеният кварцов кристал е еквивалентен на трептящ кръг с висок качествен фактор от порядъка на 10 000. Благодарение на пиезоелектрическите свойства на кварца той може да служи [като осцилаторен кръг и да

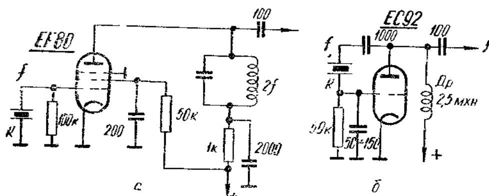
възбужда колебания („*Pierce*" осцилатор — фиг. 215) или да увлича към собствения си механичен резонанс трептенията, породени от един *LC* генератор („*Overtone*" осцилатор — фиг. 216).



Фиг. 214. Двутактен едностъпален предавател за 420 *мгхц*

$Д_1$, $Д_2$ — 12 *нав* ПЕЛ-0,8, диаметър 5 *мм*, дължина 20 *мм*, без тяло; $Д_3$ — 8 *нав* ПЕЛ-0,8, диаметър 5 *мм*, дължина 20 *мм*, без тяло; L_1 — медна посребрена тръба с диаметър 6 *мм*, дължина 50 *мм*, ширина 15 *мм*; L_2 — меден посребрен проводник с диаметър 2 *мм*, дължина на обхващане 20 *мм*, ширина 15 *мм*

Представените на фиг. 215 *а*, *б* два варианта на кварцови осцилатори дават много стабилна генерация, почти независима от различните дестабилизиращи фактори. За сметка на това обаче в анодната верига не може да се отдели с



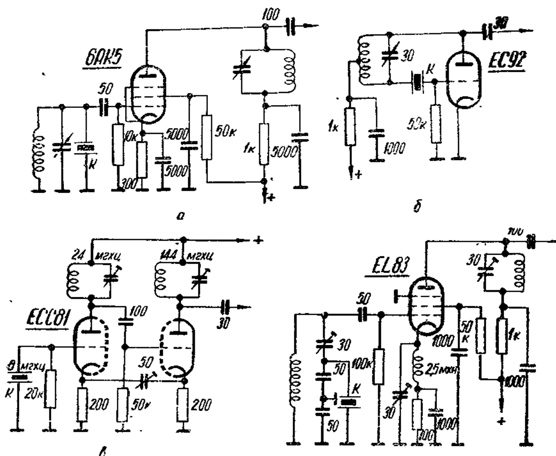
Фиг. 215. Две схеми на кварцов осцилатор „Pierce"

достатъчна амплитуда по-висша от втората хармонична на кварца. Употребата на пентод (фиг. 215 *а*) е по-изгодна поради по-малкото влияние на следващото стъпало. Схемата на фиг. 215 *б* е типичен ултрааудион с кварц вместо кръг. От нея може да се отдели само основната честота на кварца.

Горните схеми могат да се използват само при високи честоти на кварца (над 8 *мгхц*), за да се избегнат многото умножителни стъпала.

На фиг. 216 са показани няколко схеми на кварцово контролирани генератори, при които кварцът служи само да увлече честотата на генератора

към собствената си честота. За разлика от предишните схеми тук кварцът не изпълнява ролята на трептящ кръг и неговото изключване не води до прекъсване на генерациите, а само до освобождаването им от кварцовия кон-



Фиг. 216. Кварцово контролирани осцилатори с увличане „Overtone"

трол. Голямо предимство на тези схеми е, че кръгът може да бъде настроен и да се увлича и от по-висшите хармонични на кварца (до пета, дори седма но само нечетни!). Също така при схемите с увличане е възможно настройката на кръга да се направи с известно малко отклонение — до ± 20 *кхц* от основната честота на кварца, което е голямо удобство за любителските предаватели.

Схемата на фиг. 216 *а* е осцилатор с два настроени кръга (Хут—Кюн). Той е много удобен, когато е необходимо многократно умножаване на честотата на кварца — до 9-та хармонична.

На фиг. 216 *б* е дадена схемата на един твърде често прилаган осцилатор, в който кварцът замества решетъчния кондензатор в съответната *LC* осцилаторна схема. Кръгът може да бъде настроен на третата или петата хармонична на кварца.

Една оригинална схема на „*Overtone*" осцилатор е показана на фиг. 216 *в*. С една само лампа — двоен триод и кварц 8 *мгхц*, се получава в изхода

144 *мгхц*. Осцилаторът е настроен на третата хармонична на кварца — 24 *мгхц*, която след това се умножава 6 пъти в анодния кръг на втория триод.

На края на фиг. 216 *г* е дадена една твърде сполучлива схема, позната под името „*Phi Overtone*" осцилатор. Решетъчният кръг е настроен на някои нечетна хармонична на кварца (трета или пета), а анодният кръг удвоява тази хармонична. При правилна настройка получената в анода амплитуда дори и на десетата хармонична е достатъчно голяма, за да възбуди едно следващо помощно умножително стъпало.

Схемите с увличане на честотата дават по-малка стабилност и при тях са необходими мерки против дестабилизиращите явления. Освен това не всички кварцове могат да резонират на висшите си хармонични. Все пак голямата икономия в броя на умножителните стъпала, която те дават, ги прави единствено приложими в любителските УКВ предаватели.

В кварцовите автогенератори най-често се използуват лампите EF80, 6AK5, 6J6, ECC81, като изборът на лампата не е критичен.

в. Многостъпални УКВ предаватели

Едностъпалните предаватели са подходящи само за портативни, икономични УКВ радиостанции за връзка до няколко километра. Построяването на такъв предавател с по-мощна лампа е неоправдано предвид голямата му нестабилност. Любителски УКВ радиостанции за по-далечни връзки се строят обикновено с няколко умножителни стъпала и възбудител, генериращ някоя кратна на основната честота. Най-често се използува кварцово стабилизиран възбудител, работещ на някоя от схемите на фиг. 216. В краен случай може да се употреби и възбудител от *LC* тип с възможно най-голяма стабилност. За да се постигне това, честотата му трябва да бъде ниска — до 4 *мгхц*. С това обаче, освен че се усложнява предавателят с много умножителни стъпала, но и се стига догам, че един относително стабилен възбудител примерно на 4 *мгхц* след няколко умножавания води до твърде нестабилен изход на 144 *мгхц*.

Кварцовият осцилатор е най-сполучливото разрешение на възбудител за УКВ предавател. След като се превъзмогне единствената трудност — намирането на подходящ кварц с нужната честота, се получава възможността за построяване на осцилаторно стъпало от най-прост вид и с най-висока стабилност. За улеснение при избора на честотата на кварца на табл. 42 са дадени онези изходни честоти, от които с посочените умножавания може да се достигне до 144 *мгхц* (евентуално оттам с утрояване до 430 *мгхц*).

На фиг. 217а е показана блоковата схема на един многостъпален предавател на 144 *мгхц* с кварцова стабилизация на честотата. Най-удобна честота на кварца е 8 *мгхц*. Чрез „*Overtone*" осцилатор с утрояване получаваме 24 *мгхц*, с които възбуждаме две умножителни стъпала. Второто, което работи на утрояване, е противотактно, улесняващо пресейването на четните хармонични и пропускането на нечетните. То изпълнява същевременно и ролята на драйвер, даващ необходимата мощност за възбуждане на крайното стъпало. Пълната схема на този предавател е дадена на фиг. 217б.

Използуването на подобна схема води до значително повишаване на качествата на УКВ предавателя. Умножителните стъпала дават възможност осцилаторът да работи на по-ниска честота, с което се повишава стабилността на предавателя. Умножителното стъпало работи със значителна разлика в резонансната честота на решетъчния и анодния кръг, което го предпазва от самовъзбуждане. Все пак при честоти над 50 *мгхц* е необходимо вземането на

Честота на кварца (*мгхц*)	I стъпало		II стъпало	
	удвояване	утрояване	удвояване	утрояване
0,592—0,6	—	1,778—1,8	—	5,33—5,4
0,89—0,9	—	2,67—2,7	—	8—8,11
1,15—1,17	5,76—5,84 (x5)		28,8—29,2 (x5)	
1,33—1,35	—	4—4,05	—	12—12,6
1,77—1,8	—	5,33—5,4	—	16—16,2
1,92—1,94	9,6 —9,72 (x5)		48—48,6 (x5)	
2,00—2,027	—	6—6,08	—	18—18,25
2,28—2,32	16—16,2 (x7)		—	48—48,6
2,57—2,62	18—18.25 (x7)		36—36,5	—
2,67—2,70	—	8—8,11	—	24—24,3
3,00—3,04	—	9—9,125	18—18,25	—
3,20—3,24	16—16,2 (x5)		—	48—48,6
3,43—3,47	24—24,3 (x7)		—	72—73
3,60—3,65	18—18,25 (x5)		36—36,5	—
4,00—4,05	—	12—12,6	—	36—36,5
4,50—4,56	9—9,125	—	18—18,25	—
4,80—4,86	24—24,3 (x5)		—	72—73
5,14—5,22	36—36,5 (x7)		72—73	—
5,33—5,40	—	16—16,2	—	48—48,6
5,76—5,84	28,8—29,2 (x5)		144—146 (x5)	
6,00—6,08	—	18—18,25	36—36,5	—
6,86—6,95	48—48,6 (x7)		—	144—146
6,20—7,30	36—36,5 (x5)		72—73	—
8,00—8,11	—	24—24,3	—	72—73
9,00—9,125	18—18,25	—	36—36,5	—
9,60—9,72	48—48,6 (x5)		—	144—146
10,28—10,42	72—73 (x7)		144—146	—
12,00—12,20	—	36—36,5	72—73	—
14,40—14,60	72—73 (x5)		144—146	—
16,00—16,20	—	48—48,6	—	144—146
18,00—18,25	36—36,5	—	72—73	—

по-специални мерки, една от които е употребата на подходяща УКВ лампа (напр. ГУ32 на фиг. 217).

На фиг. 218 е дадена пълната схема на един УКВ предавател за 144 *мгхц*, в който осцилаторната честота е избрана по-ниска — 4 *мгхц*, поради по-голямата стабилност на такъв кварц. В първите две умножителни стъпала е използван двойният триод ECC81. Третото стъпало работи с ECC81 в симетрично свързване. Преминаването от несиметричния изход към симетричния вход на ECC81 става в кръга L_4C_4, чийто долен край е заземен чрез симетрираща тример C_c. Симетрирането става, като с тримера C_c се получи пълна компенсация на капацитета анод-маса на предната лампа. Разколебаването на крайната лампа се извършва от драйверното стъпало с ECC81, от която се полу-

Таблица 42

III стъпало		IV стъпало		V стъпало	
удвояване	утрояване	удвояване	утрояване	удвояване	утрояване
—	16—16,2	—	48—48,6	—	144—146
—	24—24,3	—	72—73	144—146	—
144—146 (x5)		—	—	—	—
—	36—36,5	72—73	—	144—146	—
—	48—48,6	—	144—146	—	—
—	144—146	—	—	—	—
36—36,5	—	72—73	—	144—146	—
—	144—146	—	—	—	—
72—73	—	144—146	—	—	—
—	72—73	144—146	—	—	—
36—36,5	—	72—73	—	144—146	—
—	144—146	—	—	—	—
144—146	—	—	—	—	—
72—73	—	144—146	—	—	—
72—73	—	144—146	—	—	—
36—36,5	—	72—73	—	144—146	—
144—146	—	—	—	—	—
144—146	—	—	—	—	—
—	144—146	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
72—73	—	144—146	—	—	—
—	—	—	—	—	—
144—146	—	—	—	—	—
144—146	—	—	—	—	—
72—73	—	144—146	—	—	—
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
144—146	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
144—146	—	—	—	—	—

чават около 2,5 *вт* — достатъчни за възбуждането на ГУ32. Драйвериото стъпало работи като нормален кл. С усилвател на 144 *мгхц*, докато умножаването се извършва в предните маломощни стъпала. Това се прави с цел да може по-лесно и с по-малки загуби да се възстанови намалената амплитуда при умножаването на *вч* напрежение.

Като подходящи модерни лампи за усилвателните стъпала на УКВ могат да се посочат: 6АК5, 6J6, ЕСС81, 6Н1П, 6Ж1П и др.

Крайното стъпало независимо от неговата мощност най-често се оформя като отделна група, свързана индуктивно с възбудителя чрез симетричен кабел. С това се избягва неминуемото самовъзбуждане при работата на два усилвателя на 144 *мгхц* (6J6 и ГУ32) върху общо шаси. За получаване на до-

а

б

Фиг. 217. Многостъпален предавател за 144 *мгхц*

L_1 — 14 *нав*, диаметър 1 *мм*, керамично тяло с диаметър 15 *мм*; L_2 — 10 *нав* диаметър 1,5 *мм* посребрен, на тяло с диаметър 10 *мм*; L_3 — 4 *нав* диаметър 1 *мм* посребрен, на тяло 10 *мм* със стъпка 1,5 *мм*; L — полувълнова линия, дължина 1.0 *мм*, проводник с диаметър 2 *мм*, ширина 30 *мм*; L_5 — четвъртвълнова линия, медна тръба 5 *мм* посребрена, ширина 15 *мм*; L_6 — 1 *нав* посребрен проводник с диаметър 1,5 *мм*

Фиг. 218. Схема на УКВ предавател за 144 *мгхц*

Фиг. 219. Схема на УКВ предавател за 430 *мгхц*

статъчна мощност и добър КПД мощното стъпало на 144 *мгхц* работи на двупроводни резонансни линии и е монтирано с висококачествени изолационни материали. Лампата ГУ32 работи като усилвател кл. С с автоматично преднапрежение. При нужда може да се приложи неутрализация — слаба капацитивна връзка чрез външни, доближени до лампата проводници.

Всички останали особености на предавателя — модулация, телеграфна манипулация, контролиране на токове и напрежения и т. и., са същите, както и в късовълновите любителски предаватели.

Една практична схема на УКВ предавател за 430 *мгхц* е дадена на фиг. 219. Лампата EF80 работи като кварцов осцилатор на 8 *мгхц*. Кръгът в анода е настроен на третата хармонична. Симетрирането тук се извършва чрез индуктивна връзка между несиметричния и симетричния кръг. Драйверът и крайното стъпало са монтирани на отделно шаси от възбудителя.

Като УКВ крайни лампи могат да се посочат съветските ГУ32 и ГУ29, европейските QQE03/12, QQE03/20, QQE06/40, както и някои по-стари, като LD1, LD2, LD5, LD15, RD12 Tf и др.

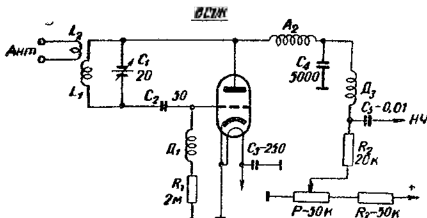
3. УКВ приемници

Сравнявайки работата на УКВ с тия при обикновените радиочестоти, се вижда, че особеностите на ултракъсите вълни са дали своето отражение върху методите и средствата за осъществяване и на радиоприемните устройства. Наистина двата основни вида приемници — с пряко усилване (линейни) и с преобразуване на честотата (суперхетеродинни) съществуват и тук, макар и значително видоизменени. Недостатъците на всеки от тези два вида приемници се проявяват при УКВ с още по-голяма сила. Така избирателността и усилването на линейните приемници се влошават с покачването на честотата поради намаления качествен фактор на кръговете. Същото важи и за суперите, при които се усилва и влиянието на огледалните честоти.

На УКВ не е възможно използуването на обикновения принцип на приемане с пряко усилване и решетъчна детекция с обратна връзка. Този детектор, използуван твърде много в малките любителски приемници на средни и дълги вълни, се характеризира с голяма чувствителност само в непосредствена близост до точката на пораждане на осцилации. Областта на максимална чувствителност обаче е твърде тясна и встрани от нея чувствителността рязко спада или възникват осцилации. В режим на осцилации регенеративният детектор не загубва чувствителността си, но предизвиква изкривяване на приемния сигнал вследствие наслагването на носещата честота на сигнал с тая на собствения осцилатор. В резултат на наслагването се получават биения с тонова честота и приемането на модулирани сигнали става почти невъзможно. В този режим регенеративният детектор е удобен за приемане на немодулирани телеграфни сигнали, които се чуват с честота на тона, равна на разликата между входящата и собствената честота. Регенеративният детектор, доведен чрез обратната връзка съвсем близо до критичната точка на възникване осцилации, е твърде нестабилен. Най-малките изменения в честотата на входящия сигнал или в параметрите на кръговете и лампите могат да доведат до изместване от критичната точка в една или друга страна. Нестабилността расте с повишаване на честотата, което ограничава приложението на регенеративния принцип на приемане и го прави невъзможно в обхвата на УКВ.

а. Свръхрегенеративно приемане

При УКВ недостатъците на регенеративния детектор могат да се избягнат при използуването на свръхрегенеративния принцип на приемане. При него обратната връзка се прави достатъчно силна, така че лампата работи в режим на осцилации. Самовъзбуждането обаче има прекъсващ се характер, което се постига с помощта на подадено от един помощен генератор напрежение със



Фиг. 220. Свръхрегенеративен детектор със самогасене за 144 *мгхц*

$Д_1$, $Д_3$ — 50 *нав* ПЕЛ-0,3, върху съпротивление 1/2 *вт*; $Д_2$ — 80 *мхн*; L_1 — 3 *нав* посребрен меден проводник 2 *мм*, вътрешен диаметър 14 *мм*, дължина 12 *мм*; L_2 — 1 *нав* посребрен меден проводник 2 *мм*, вътрешен диаметър 12 *мм*

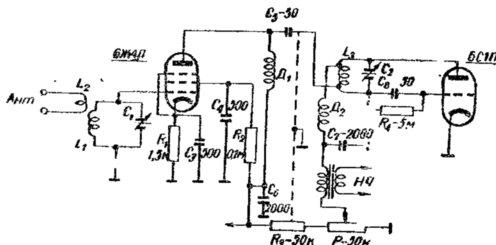
свръхзвукова честота, което периодически прекъсва или допуска възстановяване на осцилациите. Това помощно напрежение, наречено **гасяща** или **прекъсваща честота**, може да бъде получено както отделно — схеми с отделен източник на гасящата честота, така и в същото стъпало — схеми със самогасене.

Схемите с отделен източник на гасящата честота почти не се използуват в практиката. На фиг. 220 е дадена схемата на един най-прост свръхрегенеративен приемник за 144 *мгхц*. Прекъсващата честота се получава чрез подходящ подбор на R_1 и C_2 — тяхната времеконстантна определя и честотата на прекъсванията. Последната обикновено се избира в границите от 20 до 200 *кхц*. Тя трябва да отговаря на условията, от една страна, да бъде над звуковия обхват, а от друга — да бъде значително по-ниска от честотата на приемания сигнал. Последното условие ограничава използуването на свръхрегенеративния детектор за по-ниски честоти (напр. средни или къси вълни).

При липса на сигнал колебанията на свръхгенератора периодически увеличават и намаляват амплитудата си в такт с гасящата честота, при което формата и амплитудата на колебанията остават постоянни. Ако във входа се подаде немодулиран сигнал, амплитудата и формата на колебанията се видоизменят, но все пак остават постоянни и след детектора не се чува никакъв тон. При модулиран сигнал амплитудата на колебанията се мени в съответствие с обвивката на входящия сигнал и след детекцията се получава звукова честота.

При свръхрегенератора се получава много голямо усилване — чувствителността му при добре подбран режим може да достигне 2—3 *мкв*. Поради голямата чувствителност термичните флуктуации при липса на сигнал се усилват толкова много, че се чуват като характерен шум (съскане). То изчезва само при подаване на сигнал, с честотата на който е настроен входният кръг.

Режимът на възбуждане на генерации се подбира с потенциометъра *P* — 50 *ком*, или чрез изменение на обратната връзка с помощта на кондензатор



Фиг. 221. Сарърегенеративен детектор за 144 *мгхц* с високочестотно предусилвателно стъпало

между решетка и маса. Отделеният в анодната верига *нч* сигнал се подава по-нататък за усилване.

Като предимства на свръхрегенератора могат да се изтъкнат още възможността за приемане на честотномодулирани колебания, ограничаването на импулсните смущения и голямата му простота. Последното го прави твърде удобен за портативни и икономични любителски и други радиоприемници и приемопредаватели.

Свръхрегенераторът притежава и сериозни недостатъци — твърде широка пропускана лента, силно излъчване, смущаващо съседните приемници, и невъзможност за приемане на немодулирани телеграфни сигнали.

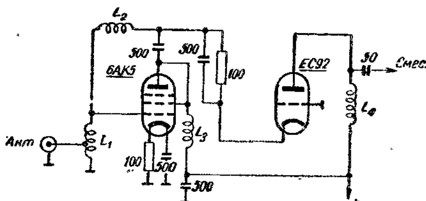
За да се намали излъчването чрез антената, преди свръхрегенератора се поставя едно *вч* усилвателно или преобразувателно стъпало. В последния случай се получава възможност за приемане на немодулирани сигнали чрез втори осцилатор към междинночестотната част. Подобрява се също и избирателността на приемника, въпреки че междинната честота не може да се приеме по-ниска от 20 до 30 *мгхц*, за да не се намали чувствителността на свръхрегенератора.

Схема на свръхрегенеративен детектор с *вч* предусилвателно стъпало е показана на фиг. 221. Данните за дроселите и бобините са същите както на фиг. 220. Връзката между двете стъпала е капацитивна (C_5) чрез малка част от навивките на L_3, за да не се внася голямо затихване в кръга L_3C_2. За избягване на самовъзбуждането на усилвателното стъпало необходимо е щателно екраниране и рационален монтаж.

Горните две схеми на свръхрегенеративни детектори могат да се изпълнят като приставки и да се включат към *нч* част на какъвто и да е приемник.

б. Суперхетеродинни УКВ приемници

За да се получи по-ниско ниво на шума, УКВ преобразователите обикновено работят на пентоди или триоди със събирателно смесване. С цел да да се повиши усилването и да се намали влиянието на антената върху собствения осцилатор в повечето случаи се предвижда и *вч* усилвателно стъпало. Това стъпало при по-ниските честоти от метровия обхват може да бъде изпълнено на пентод с голяма стръмност и малки междуелектродни капацитети (напр. 6Ж4П, EF80 и др.). На любителските обхвати 144 *мгхц* и особено 420 *мгхц* големият собствен шум на пентодите ги прави неприложими. За тези честоти най-подходящи са триодните усилватели. Поради големия им преходен капацитет обаче те са склонни към самовъзбуждане, за което се използват т. нар. *каскодно свързване*. (Усилвател със заземен анод, последван от усилвател със заземена решетка.) Такова стъпало на 144 *мгхц* дава усилване от порядъка на 2—3 пъти. Най-често се използват двойни триоди като 6Н3П, ECC81, ECC85, E88CC. Много добри резултати дава същата схема с пентода 6AK5 (в триодно свързване) и триода EC92 (фиг. 222).



Фиг. 222. Високочестотен усилвател за 144 *мгхц* в каскодно свързване

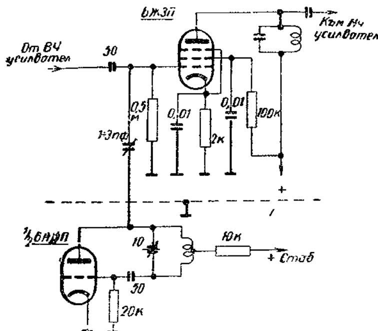
L_1 — 5 *нав* посребрен меден проводник 1 *мм*, вътрешен диаметър 10 *мм*, дължина 18 *мм* без тяло; L_2 — 9 *нав* ПЕЛ-0,6, на тяло с диаметър 6 *мм*; L_3 — *ав* посребрен меден проводник 1 *мм*, вътрешен диаметър 6,5 *мм*, дължина 6,5 *мм* без тяло

УКВ смесителите са, както казахме, събирателни — еднорешетъчни. В метровия обхват все още могат да се използват пентодни смесители, като сигналът от собствения осцилатор и от входа се подава на първата решетка. Преобразовател за 144 *мгхц* с такъв вид смесване е даден на фиг. 223. За по-високи честоти още по-добре е триодното смесване, като целият преобразовател може да се изпълни с един двоен триод.

Собственият осцилатор в любителските приемници може да бъде стабилен *LC*-генератор, който работи или направо на необходимата собствена честота, или още по-добре на някоя нейна субхармонична. В последния случай

стабилността се повишава значително, а необходимата честота се получава чрез едно или две умножителни стъпала.

Употребата на кварц, естествено, дава най-добра стабилност на собствения осцилатор. И в такъв случай се налагат няколко умножителни стъпала, тъй като кварцови кристали на 30—40 *мгхц* изобщо не се използуват. Схемата



Фиг. 223. Преобразувателно стъпало за 144 *мгхц* с пентодно смесване

на триоден преобразовател с кварцово стабилизиран собствен осцилатор може да се види от фиг. 224

Изборът на междинната честота се затруднява твърде много от двете противоречиви изисквания, които при УКВ важат с още по-голяма сила: от една страна, стесняване на пропускателната лента и повишаване на усилването се получават при по-ниска междинна честота, а от друга — огледалните честоти могат да бъдат достатъчно потиснати само при висока междинна честота. Преодоляването на това противоречие и тук изисква или някакво компромисно разрешение при избора, или още по-добре — въвеждането на двойно преобразуване на честотата.

При единично преобразуване оптималната величина на междинната честота е в границите от 5 до 10 *мгхц*. Често в радиолюбителските УКВ приемници се използуват готови междинни трансформатори за 10,7 *мгхц*, която честота е възприета почти навсякъде за концертните УКВ/ЧМ приемници. На фиг. 224 е дадена пълната схема на любителски УКВ приемник за 144 *мгхц* с единично преобразуване на честотата, а на фиг. 225 — също такъв приемник с двойно преобразуване.

Схемата от фиг. 225 представлява интересна комбинация на УКВ суперхетеродинен приемник със свръхгенеративен детектор. Първата междинна честота

Фиг. 224. Суперхетеродинен приемник за 144 *мгхц* с единично преобразуване

Фиг. 225. Суперхетеродинен приемник за 144 *мгхц* с двойно преобразуване

е от порядъка на 1,5 — 4 *мгхц* и се усилва от едно стъпало с EF80. За по-ефикасно потискане на огледалните честоти и за добра работа на свръхрегенеративния детектор втората междинна честота е избрана висока — около 22 *мгхц*. Първият смесител е събирателен, а вторият — умножителен, работещ на хептода EH90. Свръхрегенеративният детектор работи по схема с отделен източник на гасещата честота (EC92). С използването на свръхрегенеративен детектор се постига твърде висока чувствителност на приемника. Режимът на свръхрегенератора се регулира с потенциометъра 100 *ком*, чрез който се подбира точката с най-висока чувствителност.

в. УКВ конвертери

Суперхетеродинните УКВ приемници нямат особени различия в междинночестотната, детекторната и нискочестотната част от обикновените любителски и концертни приемници на АМ. Това дава възможност при приемане на УКВ да бъде използван нормален КВ приемник и една преобразователна приставка — конвертер, чиято „междинна" честота да попада в някои от обхватите на приемника. По такъв начин се получава УКВ супер с двойно преобразуване. Първата междинна честота — тази на конвертера — се избира висока (от порядъка на 10 *мгхц*), а втората обикновено е ниска. С това се разрешава и въпросът за отслабването на огледалните честоти. Чувствителността се повишава, особено ако в конвертера се предвиди и *вч* предусилвател или усилвател на междинна честота.

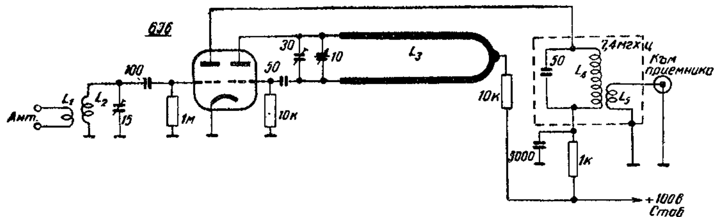
Най-трудният проблем при УКВ конвертерите е начинът за настройка в приемния обхват. Качествените конвертери трябва да имат стабилна честота на собствения осцилатор, който най-често е с кварцова стабилизация. Тогава за различните точки по обхвата МЧ на конвертера е различна и се налага настройка и на основния приемник. В по-простите конвертери собственият осцилатор е променлив и се настройва или само той, или съвместно с входните кръгове. Тук МЧ е постоянна и манипулирането с приемника се опростява.

На фиг. 226 е представен един конвертер от най-прост тип. За преобразовател се използува двойният триод 6J6 — едната система за смесител, а другата за осцилатор. Смесването е еднорешетъчно, без външна връзка между осцилатора и входа — за връзка се използуват вътрешните капацитети на лампата.

Особеното в тази схема е, че входният кръг е настроен на една постоянна честота, напр. в средата на обхвата (145 *мгхц*). Променлив е само осцилаторът, при което поради широката пропускателна лента на входния кръг сигналът претърпява слабо затихване в двата края на обхват. При това положение получената междинна честота е постоянна и основният приемник може да бъде настроен веднъж завинаги на тази честота.

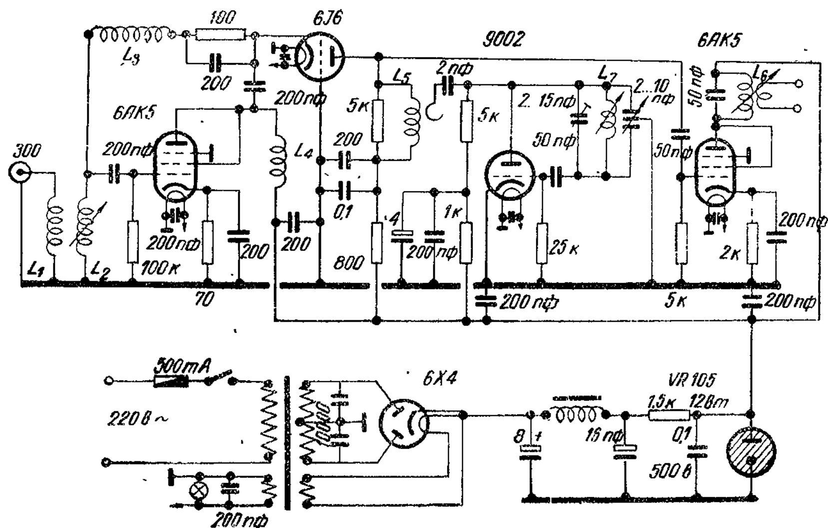
Към този преобразовател може да се прибави както *вч* усилвателно стъпало (пентод или каскодно стъпало), така и усилвател на междинната честота (фиг. 227). Схемата на конвертер за 420 *мгхц* с усилвател на междинната честота е дадена на фиг. 228. В случая се настройва както осцилаторът, така и входният кръг, което позволява да се постигне по-равномерно усилване на целия обхват. Връзката между осцилатора и входа е индуктивна с L_3 и L_4. Предвидено е и регулиране на усилването по междинна честота чрез изменение на преднапрежението на EF80.

В разгледаните дотук схеми междинната честота оставаше постоянна, а настройката се извършваше с промяна на осцилаторната честота. В по-качестве-

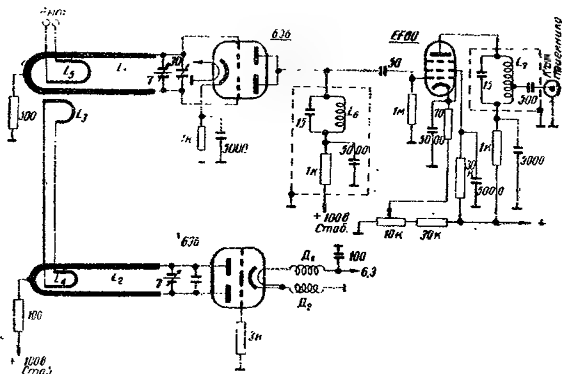


Фиг. 226. УКВ конвертер за 144 *мгхц* с една лампа

L_1 — 2 *нав* меден посребрен проводник с диаметър 2 *мм*, вътрешен диаметър 14 *мм*; L_2 — 2 *нав* меден посребрен проводник с диаметър 2 *мм*, вътрешен диаметър 16 *мм*, дължина 12 *мм*; L_3 — 2 броя посребрен меден проводник 3 *мм*, ширина 12 *мм*, дължина 25 *мм*; L_4 — 22 *нав* ПЕЛ-0,7, на тяло с диаметър 12 *мм*; L_5 — 5 *нав* ПЕЛ-1,2, към „студения" край на L_4



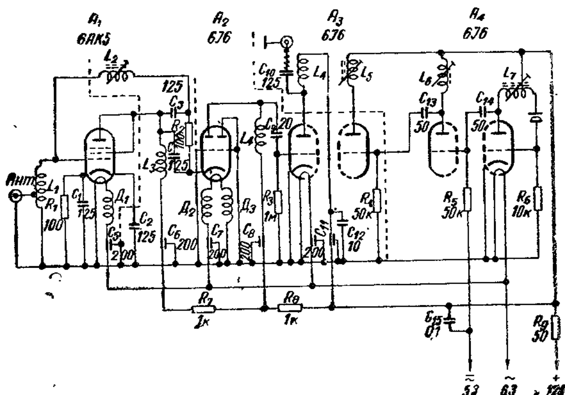
Фиг. 227. УКВ конвертер за 144 *мгхц*



Фиг. 228. УКВ конвертер за 420 *мгхц*

ните конвертери собственият осцилатор работи на фиксирана честота с кварцова стабилизация, а получената междинна честота е променлива. Тук настройката се извършва с основния приемник, а входните кръгове на конвертера най-често са фиксирани (широколентови). Нерядко се използува и отделна настройка на входните кръгове, което подобрява равномерността на усилването и избирателността.

На фиг.229 е показана схемата на един висококачествен конвертер за 144 *мгхц*. Собственият осцилатор работи с кварц 7 *мгхц*, като чрез неколкократно умножаване сѐ получава необходимата честота 140 *мгхц*. Междинната честота е 4 *мгхц* — тя може да бъде приложена към всеки качествен любителски КВ приемник и да се получи напълно задоволителна чувствителност.



Фиг. 229. Конвертер за 144 *мгхц* с кварцово стабилизиран осцилатор

L_1 — 5 *нав* посребрен меден проводник с диаметър 1,5 *мм* с отклонение на $1^3/_4$ *нав* от долния край; тяло с диаметър 12 *мм*, дължина на намотката 10 *мм*; L_2 — 7,5 *нав* ПЕЛ-0,75, тяло с диаметър 8,5 *мм* с жел. сърце, дължина 19 *мм*; L_3 — $4^1/_4$ *нав* посребрен меден проводник с диаметър 1,5 *мм*, тяло с диаметър 12 *мм*, дължина 12 *мм*; L_4 — $4^1/_4$ *нав* посребрен меден проводник с диаметър 1,5 *мм*, тяло с диаметър 12 *мм*, дължина 12 *мм*; L_5 — 4 *нав* ПЕЛ-0,75, тяло с диаметър 8,5 *мм* с жел. сърце, дължина 11 *мм*; L_6 — 9 *нав* ПЕЛ-0,75 върху тялото на L_5, дължина 18 *мм*; L_7 — 16 *нав* ПЕЛ-0,2 с отклонение на 4 *нав* от решетъчния край, тяло с диаметър 8,5 *мм* с жел. сърце

Девета глава

ТЕЛЕВИЗИЯ

1. Схема на съвременна система за телевизионно предаване и приемане

Блоковата схема на съвременна система за телевизионно предаване е дадена на фиг. 230.

Посредством обектива предаваният образ бива проектиран на фоточувствителната повърхност на предавателната електроннолъчева тръба. Върху тази повърхност се образува така нареченият потенциален релеф на електрически заряди, като потенциалът на всяка точка от фоточувствителната повърхност се определя от разпределението на светлите и тъмните места на предавания образ.

С помощта на генераторите за хоризонтално и вертикално отклонение се осъществява преместването на електронния лъч върху фоточувствителната повърхност на предавателната тръба, в резултат на което образът се разлага на отделни точки, които се превръщат в електрически сигнали.

Върховата стойност на тези сигнали е пропорционална на осветеността на дадената точка от предавания образ.

Сигналите на образа, които възникват на изхода на предавателната тръба, постъпват във видеоусилвателя и след усилването им модулират телевизионния предавател и се излъчват в пространството.

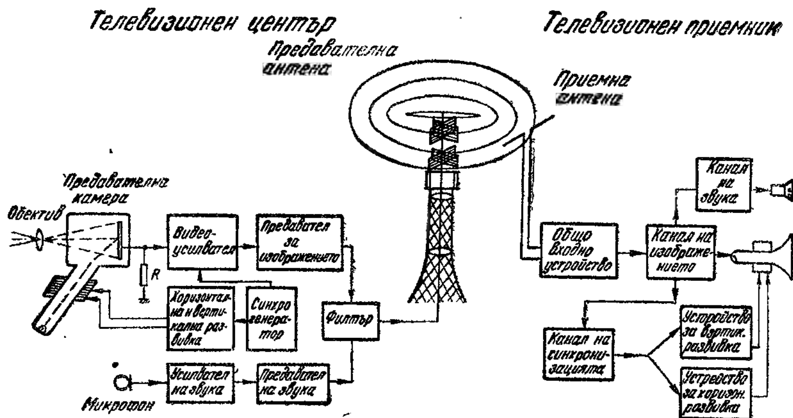
За звуковия съпровод на телевизионното предаване се използуват микрофон, усилвател и предавател на звука, който работи заедно с телевизионния предавател на обща антена.

В мястото на приемането след подходящо усилване в усилвателя електрическите сигнали се подават на приемната електроннолъчева тръба, която ги превръща в светлинни точки.

Главният елемент на телевизионния приемник е приемната електроннолъчева тръба.

С помощта на сигналите за хоризонтално и вертикално отклонение, подавани от устройството за отклонение на електронния лъч, образът се разлага на отделни редове, съвкупността на които образуват телевизионния растер.

В предавателната тръба, където електронният лъч разлага образа, и в приемната тръба, където електронният лъч рисува образа, се спазва една и съща последователност. И в двете електроннолъчеви тръби електронният лъч се премества равномерно отляво надясно в хоризонтално направление и като начертава всички редове, мигновено се връща в изходното положение.



Фиг. 230. Блокова схема на съвременна система за телевизионно предаване и приемане

За осигуряване на твърда връзка между двата електронни лъча се използуват синхронизиращите импулси, излъчвани заедно със сигналите за образа

2. Телевизионен предавател

Конструктивното оформление и схемата на телевизионния предавател се различават от тези на обикновеното радиоразпръскване по различието в характера на предаваните сигнали и използуването на различни видове дължини на вълни.

В телевизионния предавател, предназначен за предаване на сигналите за образа, се използува амплитудната модулация на високочестотните колебания.

Честотният спектър на предавания телевизионен сигнал заема лента от няколко херца до 5—6 *мгхц*. В практиката използуваната носеща честота е няколко пъти по-висока от модулиращата такава. Това условие е необходимо щото предаваният сигнал да се отдели неизкривен в приемника. За телевизионното предаване не могат да се използуват примерно късите вълни от 19-метровия диапазон по редица съображения. Главното съображение е свързано с характера на разпространение на късите вълни, които притежават свойството да се отразяват от йоносферата. В мястото на приемането късите вълни пристигат по два различни пътя — като земни и отразени вълни. Поради това сигналите, приети от антената на приемника, се различават както по фаза, така и по амплитуда, като се изменят непрекъснато в резултат на изменението на височината на отражаващата йоносфера и нейните електрически свойства. Ето защо както амплитудата, така и фазата на отразената вълна се изменят през време на приемането. Приетите телевизионни сигнали, изминали различни пътища, създават на екрана на телевизора няколко разместени образа.

Освен това използуването на късите вълни за телевизионни предавания изисква да се използуват няколко телевизионни станции, които биха заели целия телевизионен обхват, в който работят хиляди радиоразпръсквателни предаватели. Това е наложило телевизионните предавания да се провеждат на ултракъси вълни, макар че тяхното разпространение е ограничено до няколко десетки километра.

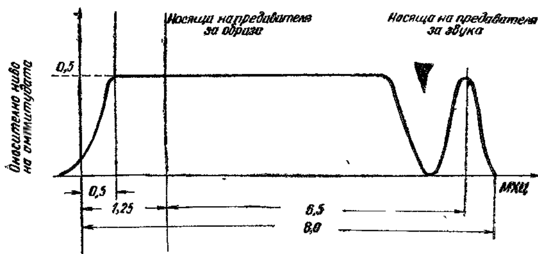
В мястото на приемането при ултракъсите вълни се разчита единствено на земните вълни, които се разпространяват почти праволинейно над земната повърхност.

Засега сигурно и качествено приемане на телевизионните радиостанции може да се осъществи на едно разстояние около 70—80 *км*.

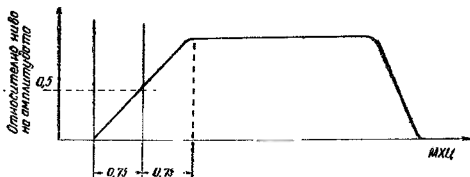
Общата честотна лента при амплитудна модулация на носещата честота на сигналите за образа съставлява около 12 *мгхц*, но в системите с частично потискане на едната странична лента почти двойно се намалява общата честотна лента, както е показано на фиг. 231.

Практически не е възможно да се направи рязко потискане на едната странична лента. Филтърът, който се използува за тази цел, няма рязък спад и пропуска частично трептенията на долната странична лента. За да се приеме образът неизкривен, необходимо е кривата на избирателността на приемника да има вид, подобен на фиг. 232.

В практиката са намирали приложение главно два вида блокови схеми на телевизионни предаватели. В единия вид схема умножението на честотата и усилването на високочестотните сигнали до крайното стъпало се извършва в теснолентови усилватели, като модулацията се осъществява в решетъчния кръг на крайното стъпало. В другия вид схема модулацията се извършва в



Фиг. 231. Обща честотна лента, заемана от телевизионния канал



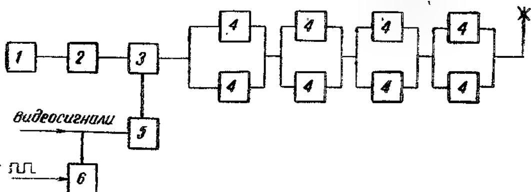
Фиг. 232. Форма на честотната характеристика на *вч* усилвател в едноканален приемник

първите маломощни стъпала — усилватели на високочестотни колебания, след което следват няколко мощни широколентови високочестотни усилватели.

Когато модулацията се извършва в крайното стъпало, всички предшествуващи стъпала се явяват ефективни, що се отнася до използуването на източника на електрозахранването, но се изисква твърде мощен модулиращ усилвател.

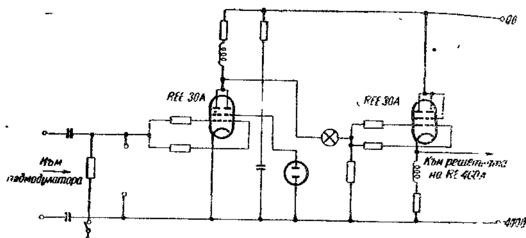
Понастоящем е намерила голямо приложение схемата, при която модулацията става в едно от първите стъпала, както е показано на фиг. 233. При тази схема предавателят има висок коефициент на полезно действие.

В по-голямата част от действуващите телевизионни предаватели се използува решетъчна модулация. Най-често се срещат модулатори на телевизионните предаватели, изпълнени от широколентов видеоусилвател, устройство за възстановяване на постоянната съставна на телевизионните сигнали и модулиращо стъпало.

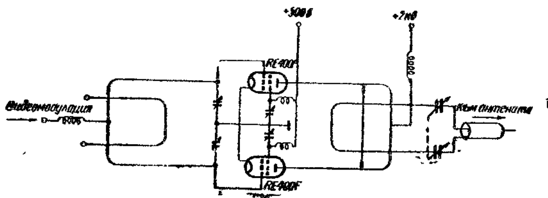


Фиг. 233. Блокова схема на телевизионен предавател

1 — генератор за висока честота; 2 — умножител; 3 — модулатор; 4 — мощен широколентов усилвател; 5 — видеоусилвател; 6 — устройство за възстановяване на постоянната съставна



Фиг. 234. Опростена схема на модулатор



Фиг. 235. Опростена схема на мощно стъпало

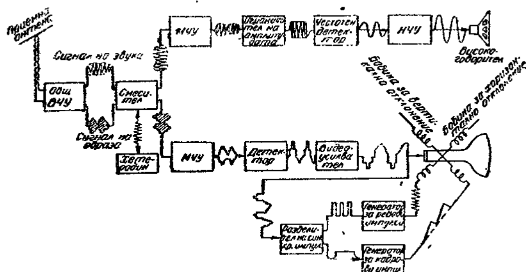
На фиг. 234 е дадена опростената схема на модулатор, а на фиг. 235 — на мощното стъпало.

3. Телевизионни приемници

а. Схеми

Телевизионните приемници се строят по суперхетеродинната схема и по линейна схема. Суперхетеродинните схеми позволяват да се получат добра избираемост и голямо усилване. Освен това у тях пренастройката от една вълна на друга е много лесна.

Когато приемникът се пресмята за приемане на достатъчно силни сигнали и въпросите за чувствителността и избирателността не играят съществена роля,



Фиг. 236. Опростена блок-схема на телевизионен суперхетеродинен приемник

предпочита се линейната схема. Опростената блок-схема на телевизионен суперхетеродинен приемник е дадена на фиг. 236. Тази схема съдържа високочестотен блок, канал за образните сигнали, канал за звуковия съпровод, канал за синхронизиращите сигнали и блок на развивките. За антена обикновено се използува полувълнов вибратор.

Сигналите на образа и звука, приети от антената, попадат на усилвателя за висока честота, който заедно с усилването предварително филтрира приетите сигнали от смущенията. По-нататък усилените сигнали съвместно със сигналите от местния хетеродин попадат на входа на смесителя. Съгласно телевизионния стандарт разликата на носещата честота на звуковия съпровод и сигналите на образа е 6,5 *мгхц*. Хетеродинът и смесителят са общи за сигналите на образа и звука. Носещата честота на звуковия съпровод е по-висока от носещата честота на образа. В анодната верига на смесителя заедно с комбинационните честоти се образуват междинните честоти на образа и звука, равни на разликата между честотите, съответствуващи на сигналите в ефира, от една страна, и честотата на хетеродина, от друга. Описаната

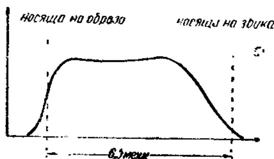
част от приемника, която предварително отделя, усилва и трансформира сигналите в междинна честота, се нарича високочестотна част.

По-нататък приетите сигнали се разделят на два канала: канал на звука и канал на образа. На този принцип понастоящем не се строят приемници.

В новите схеми разделянето на двата канала се извършва след детектора.

Каналът на звука е построен по схема на обикновен приемник с честотно модулирани сигнали с девиация $\pm$ 75 *кхц*. Сигналите на звука първоначално се усилват по междинна честота, след което се детектират, после се усилват по ниска честота и попадат на високоговорителя.

Каналът на образа се състои от усилвател на междинна честота, детектор и усилвател. От изхода на високоговорителя сигналите на образа попадат на управляващия електрод на кинескопа.



Фиг. 237. Честотна характеристика на ВЧУ

Детектираните телевизионни сигнали съдържат и сигналите за синхронизацията.

За да се избегнат попадения на сигналите на звуковия съпровод във видеоканала, необходимо е сигналите на звука да имат амплитуда във видеодетектора около 10 пъти по-слаба, отколкото амплитудата на сигналите на образа. Изисканото съотношение на двете амплитуди се достига с избора на специална форма на честотната характеристика (фиг. 237).

Основното отличие на телевизионния приемник от приемника за звука е индикаторната част. Тя се състои от електроннолъчева тръба, вериги за синхронизация и развивка. Ето защо телевизионният приемник съдържа много повече електронни лампи.

6.5. Видеоусилватели

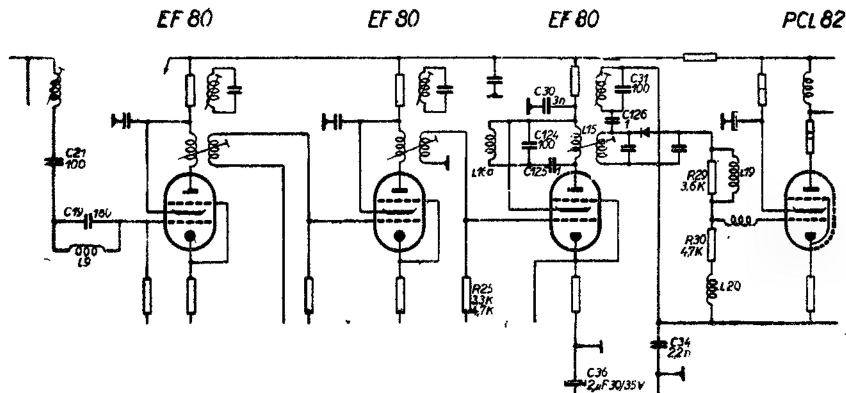
Усилвателите на сигналите на образа или, както ги наричат, видеоусилватели съставляват значителна част от целия телевизионен канал. Те в основни линии определят характера на неговата честотна и фазова характеристика. Видеоусилвателите са последното звено на канала на сигналите на образа.

Главната задача на видеоусилвателите в телевизорите е да се усилят сигналите, получени на изхода на детектора, до ниво, необходимо за получаване на контрастен образ на екрана на телевизора.

Видеоусилвателите трябва да пропускат твърде широка честотна лента от 0 *хц* до няколко *мгхц*. В практиката е много трудно да се конструира усилвател за такава широка честотна лента, който има повече от едно стъпало. За това се прибягва до използуване на усилватели с честотна лента от няколко десетки херца, като възстановяване на постоянната съставна на сигнала става в крайното усилвателно стъпало. Крайното стъпало на видеоусилвателя има нисък изходящ импеданс и работи с кабел с малък капацитет. На фиг. 238 е показана схемата на видеоусилвателя на телевизора „Орион" 53Т816.

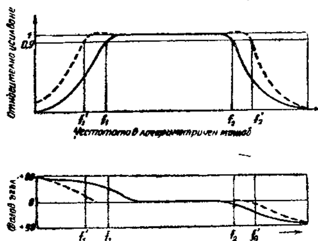
Видеоусилвателят е обикновен лампов усилвател, като принципът на неговата работа е аналогичен на нискочестотните усилватели.

Видеоусилвателите се различават от нискочестотните усилватели по равномерността на честотната характеристика в широка честотна лента, която до-



Фиг. 238. Схема на видеоусилвателя на телевизора „Орион“ 53Т816

стига до няколко *мгхц*. Ширината на пропусканата честотна лента и нейните граници се явяват условни понятия. Ако се изходи от това, че коефициентът на усилването на едно стъпало в пределите на пропусканата лента не трябва да пада по-ниско от 90% от максималното значение, то граничните честоти f_1 и f_2 на пропусканата лента на това стъпало се намират като абсциси точки



Фиг. 239. Честотна и фазова характеристика на усилвателя без корекция

на честотната характеристика, за които усилването е 90% от максималното (фиг. 239). При използването на достатъчно прости схеми за корекция може да се получи десетократно намаление на долната гранична честота f_1' и около 2 пъти да се увеличи горната гранична честота f_2' (фиг. 239).

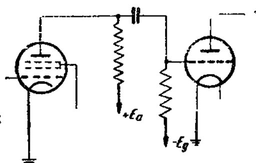
За предаването на образ с 525 линии при формат на кадъра 4 : 3 и скорост на предаването 30 кадъра в секунда се изисква честотна лента приблизително 4,5 *мгхц*. Болшинството от нискочестотните усилватели имат честотна лента до 10 *кхц*.

Човешкото око не може да определи с достатъчна точност в широки граници фазовите изкривявания, които за нискочестотните усилватели практически нямат съществено значение. Но за предаване на сигналите на образа фазите на различните честоти имат голямо значение.

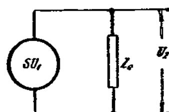
За получаване на равномерно усилване в достатъчно широка честотна лента се използуват усилватели със съпротивителна връзка и корекция на честотната характеристика в областта на високите и ниските честоти.

В широколентовите усилватели много често се използуват тетроди или пентоди с голяма стръмност и малки междуелектродни капацитети. На фиг. 240 е дадена принципната схема на усилвателно стъпало на съпротивителя. Принципът на работа на този усилвател е следният: Ако на решетката на първата лампа се подаде положителен импулс, то анодният ток на лампата расте, вследствие на което се увеличава падението на напрежението $I_1 R_a$ върху анодното съпротивление. Потенциалът на анода се намалява и възникналият отрицателен импулс постъпва през втория свързващ кондензатор на решетката на втората лампа. Тетродите и пентодите имат голямо вътрешно съпротивление R_i, което практически винаги е по-голямо от анодното съпротивление

Z_a, благодарение на което може да се счита, че лампата се явява източник на ток SU_1 (фиг. 241), където S е стръмнината на анодната характеристика на лампата, а U_1 — напрежението на решетката на лампата.



Фиг. 240. Принципна схема на усилвателно стъпало на съпротивления



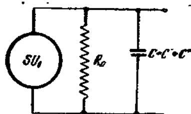
Фиг. 241. Еквивалентна схема на усилвателно стъпало с пентод

За осигуряване на равномерно усилване в достатъчно широка честотна лента е необходимо да се осигури постоянно съпротивление в цялата честотна лента.

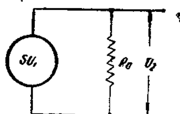
Коефициентът на усилването на стъпалото K, изпълнено с пентодна лампа, се определя по формулата

$$K = S \cdot Z_a, \text{ а изходящото напрежение —}$$

$$U_2 = KU_1 = S Z_a U_1.$$



Фиг. 242. Еквивалентна схема на усилвател на съпротивления в областта на високите честоти

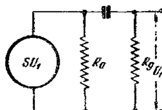


Фиг. 243. Еквивалентна схема на усилвател на съпротивления в областта на средните честоти

На фиг. 242 е дадена еквивалентната схема на усилвател на съпротивление в областта на високите честоти. При $R_i \gg R_a$ влиянието на вътрешното съпротивление на лампата не се взема под внимание. В областта на средните честоти може да се пренебрегнат капацитетите C' и C'', както и делителят C_c и R_c и еквивалентната схема придобива вида, показан на фиг. 243.

$$\text{Тук } Z_a = R_a; \ U_2 = S U_1 R_a; \ K_0 = \frac{U_2}{U_1} = S R_a.$$

В областта на ниските честоти еквивалентната схема придобива вида, показан на фиг. 244.

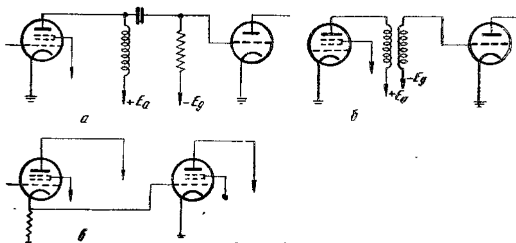


Фиг. 244. Еквивалентна схема на усилвател на съпротивления в областта на ниските честоти

Освен усилвателите на съпротивления в практиката се срещат много типове, които се отличават един от друг по начините на връзката между лампите на отделните стъпала и видовете товари, а именно: усилвател на индуктивен товар (фиг. 245*а*), трансформаторен усилвател (фиг. 245*б*), усилвател с катоден товар (фиг. 245*в*) и др.

Съгласно приведените еквивалентни схеми на усилвателите и честотните характеристики коефициентите на усилване K и фазовият ъгъл φ за ниските честоти може да се намерят по формулите

$$K = \frac{K_0}{\sqrt{1+\left(\frac{1}{\omega R_p \cdot C_2}\right)^2}}\ ;\ \varphi = \operatorname{arctg}\left(\frac{1}{\omega R_p \cdot C_2}\right),$$



Фиг. 245

а — усилвател на индуктивен товар; *б* — трансформаторен усилвател; *в* — усилвател с катоден товар

а високите честоти по формулите

$$K = \frac{K_0}{\sqrt{1+(\omega R_a C_0)^2}}\ ;\ \varphi = \operatorname{arctg}(\omega R_a C_0).$$

където

K_0 е коефициентът на усилване в пределите на средните честоти;
R_p — утечното съпротивление;
R_a — товарното съпротивление;
C_2 — преходният капацитет;
$C_0 = C' + C'' = C_a + C_p$;
ω — ъгловата честота на усилваните трептения.

От тези уравнения следва, че с увеличение на времеконстантата $R_p . C_2$ пределите на усилването могат да бъдат разширени в страната на ниските честоти. Посредством намалението на времеконстантата $R_a . C_0$ пределите на усилването могат да бъдат разширени в страната на високите честоти. Разбира се, практически желаното изменение на всички споменати параметри в схемата всякога е ограничено от редица обстоятелства. Например много голямото увеличение на утечното съпротивление може да доведе до неустойчива работа и даже до излизане от строя на радиолампи. Увеличение на капацитета C_2 довежда до чувствително увеличение на утечката, което е нежелано, а също така до увеличение на паразитния капацитет C_0. Намалението на съпротивлението R_a довежда до съответното намаление коефициента на усилването на схемата. Паразитният капацитет C_0 при най-добре изпълнен монтаж на усилвателя не може да се намали под определения паразитен капацитет на лампата. Ето защо след необходимото допустимо увеличение на времеконстантата $R_p . C_2$ и намаление на времеконстантата $R_a . C_0$ по-нататъшното разширение на пределите на хоризонталния участък на честотната характеристика на усилвателя става посредством въвеждане в схемата на усилвателя на допълнителни реактивни елементи. Такъв начин за разширение на честотната характеристика на усилвателя се нарича корекция на ниските и високите честоти. Често използуват едновременно едната и другата корекция. При корекция на честотната характеристика на усилвателя в същото време става и корекция на неговата фазова характеристика. Пример на честотна и фазова характеристика на усилвател с корекция на ниските и високите честоти е показан на фиг. 239.

в. Корекция на честотните характеристики в областта на високите честоти и настройка на усилвателите с корекция

В областта на високите честоти се използуват схеми за корекция с двуполюсници и четириполюсници. Усилването К на стъпало с едно усилвател на съпротивление се определя с уравнението

$$K = \frac{R_0 S}{1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^2},$$

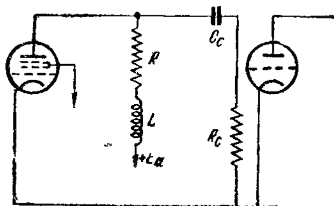
където R_0 е еквивалентното съпротивление (фиг. 242);

S — стръмността на лампата;

$$f_0 = \frac{1}{2\pi . C R_0} \text{ — критичната честота.}$$

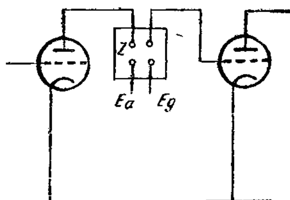
Това уравнение показва, че коефициентът на усилването при критичната честота (f_0) пада до 70% в сравнение с усилването на средните честоти. Така че усилватели, които имат такава честотна характеристика, могат да работят само в обхвата на честотите, значително по-ниски от f_0. За увеличение ширината на честотната лента се изисква при усилването на видеосигнала честотата f_0 да бъде много по-висока, което се постига с намалението на анодното съпротивление R_a. Заедно с това се намалява усилването на средните честоти. Ето защо се налага да се подобри честотната характеристика на усилвателя на високите честоти. Най-простият метод за корекция на характе-

ристиката в областта на високите честоти е включването на малка индуктивност последователно на товарното съпротивление R_a, както е показано на фиг. 246.



Фиг. 246. Опростена схема за корекция на честотната характеристика в усилвателя на съпротивление с помощта на индуктивност

Усилвателното стъпало на съпротивления с включени добавъчни коригиращи елементи е частен случай на двуполюсник, използван в качеството на товар.

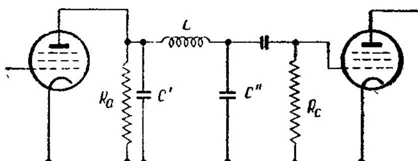


Фиг. 247. Схема на усилвателно стъпало с обобщен двуполюсен товар

В практиката тези схеми намират приложение, макар че техният брой не е много голям. Една по-проста схема на усилвателно стъпало с двуполюсник, използван като товар, е показана на фиг. 247.

Схемите на междустъпална връзка с четириполюсници, макар че имат свои преимущества, поради сложната им настройка се използват по-рядко, отколкото схемите с проста корекция.

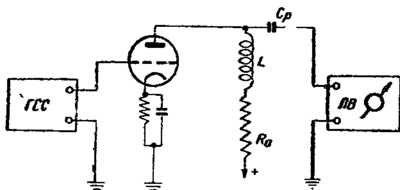
С използуваните схеми за междустъпална връзка с четириполюсници се получава усилване, от 1,5 до 3 пъти по-голямо, отколкото при схеми, свързани с двуполюсници.



Фиг. 248. Схема на сложна корекция на усилвател в областта на високите честоти

На фиг. 248 е показана схема на усилвателно стъпало със сложна корекция на високите честоти.

Горепосочените схеми за проста и сложна корекция на честотните характеристики в областта на високите честоти представляват частни случаи на общи схеми на филтри за ниски честоти.



Фиг. 249. Схема за включване на уреда за настройка на усилвателя с проста корекция

Необходимото усилване на високите честоти се получава, след като са настроен усилвателят с корекция. Настройката на схемите с корекция се свежда до определяне на стойностите на C' и C'' в схемата. Неизвестните в схемата капацитети C' и C'' трябва да се компенсират. За настройката на широколентовия усилвател са необходими главно два уреда: генератор на стандартни сигнали (ГСС) и лампов волтмер (ЛВ), включени по схемата, показана на фиг. 249.

В началото се дава наксо анодното съпротивление R_a, а вместо индуктивността L се включва в схемата предварително известната индуктивност $L_{изв}$ й

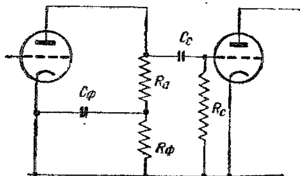
се намира резонансната честота на кръга $f_{рез}$, образувани от $L_{изв}$ и C ($L_{изв}$ и L е необходимо да бъдат от един порядък). По известни $L_{изв}$ и $f_{рез}$ се определя

$$C = \frac{1}{(2\pi)^2 f^2_{рез} L_{изв}}.$$

След като знаем C, определяме останалите елементи в схемата. По-нататък включваме индуктивността L в анодната верига, чиято стойност трябва да бъде по-голяма от пресметнатата, и определяме при дадено на късо съпротивление $R_а$ честотата на резонанса. След това в схемата се включва съпротивлението $R_а$ и се измерва честотната характеристика. Ако на високите честоти се наблюдава повдигане на честотната характеристика, трябва да увеличим $R_а$ а ако има спад, да се намали $R_а$

г. Корекция на видеоусилвателите в областта на ниските честоти

Видеоусилвателите трябва да възпроизвеждат добре не само високите честоти, но също така и сигналите, чиито честоти лежат значително по-ниско от честотите на предаваните кадри. Теоретически честотният обхват трябва да стигне до нулева честота. На практика обаче, ако усилвателят добре възпро-



Фиг. 250. Схема на усилвател с честотна и фазова корекция в областта на ниските честоти

извежда честотите, които лежат близко до честотата на кадрите, като найниските честоти, съответствуващи на средната осветеност, изкуствено бъдат възстановени, то общата грешка, внесена от усилвателя, ще бъде сравнително малка.

Честотните изкривявания в областта на ниските честоти биват предизвикани главно във веригата $R_c C_c$ (фиг. 250), която представлява от себе си честотно зависим делител на напрежение.

Съществено влияние на формата на сигнала в областта на ниските честоти оказват фазовите изкривявания, които следва да се компенсират. Обикновено честотните и фазовите изкривявания се компенсират с включването в усилвателя на коригираща група $R_ф C_ф$ последователно на анодното съпротивление (фиг. 250). Условието за идеална компенсация е

$$R_ф C_ф = R_c C_c \text{ и } R_ф = \infty.$$

Практнчески се осигурява компенсация, ако

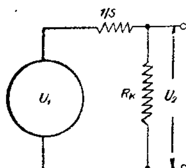
$$R_ф \geq \frac{10}{2\pi F_1 C_ф},$$

където F_1 е честотата на повторението на кадрите.

д. Стъпало с катоден товар

Стъпалото с катоден товар (катоден повторител) намира най-голямо приложение като изходящо стъпало в широколентовите усилвателни схеми. На фиг. 245 *в* е дадена неговата принципна схема, а на фиг. 251 еквивалентната му схема. Катодният повторител не е усилвателна схема. Същият даже отслабва подаденото на входа му напрежение.

Отношението на изходящото напрежение U_2 към входящото U_1 определя коефициента на усилването K на стъпалото:



Фиг. 251. Еквивалентна схема на катоден повторител

$$K = \frac{U_2}{U_1}$$

С достатъчна точност коефициентът на усилването на катодния повторител може да се определи от формулата:

$$K = \frac{SR_к}{1 + R_к S},$$

а изходното съпротивление на стъпалото по формулата:

$$R_0 = \frac{1}{S} K.$$

Пример. Ако приемем $R_k = 1500$ *ом* и $S = 12$ *ма/в*, то коефициентът на усилването K е равен на 0,94; изходното съпротивление R_0 на стъпалото е 94 *ом*.

Благодарение на малкото изходно съпротивление на катодния повторител същият може да бъде натоварен с доста голям капацитет, без да се влоши честотната му характеристика. Това е наложило в практиката да се използува стъпало с катоден изход там, където товарът е съединителна линия (кабел и др.).

Стъпалото с катоден изход има сравнително много малък входен капацитет, поради което създава сравнително малки нелинейни изкривявания.

е. Електронни лампи, използувани във видеоусилвателите

Най-важните параметри, които определят избора на съответната лампа за видеоусилвателите, са стръмността на лампата и нейните междуелектродни капацитети. Критерият за приближената оценка на качеството на дадена лампа,

предназначена за усилване на видеосигналите, може да служи отношението на стръмността към междуелектродните капацитети на лампата. Но тук трябва да се подхожда с известна осторожност, тъй като към ламповия капацитет в реалната схема трябва да се прибави още и капацитетът на монтажа, който намалява усилването на стъпалото. В таблица 43 са дадени технически данни, които позволяват да се определи пригодността на някои типове лампи за работа в схемите на усилватели на съпротивления. В таблицата също така са указани междуелектродните капацитети: решетка-земя, аноди-земя, решетки-анод, както стръмността и вътрешното съпротивление на лампите.

Ако усилването на стъпалото е голямо, също така и входящият капацитет ще бъде голям вследствие на голямата величина на вносните капацитети. Ето защо неправилно е използуването на триодни лампи в тези усилватели освен в първите стъпала на видеоусилвателите.

Характеристиките на пентодните лампи са значително по-удовлетворителни.

Пресмятането на усилването на единично стъпало позволява да се оцени преимуществото на някои типове лампи. При пресмятането към капацитета на лампата се добавя капацитетът на монтажа, който обикновено съставлява около 5 *пф*. Резултатите от пресмятането за критичната честота f_0 : 4,5 *мгхц* са показани на следната таблица:

Таблица 43

Тип на лампата	C в *пф*	R в *ом*	Усилване
6C6	16,5	2100	2,6
6AQ5	11,8	3000	15,3
6AC7	21,0	1700	15,1
6AU6	15,5	2300	11,9

Пресмятането на усилването е направено въз основа на следната формула:

$$K = \frac{R_e \cdot S}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^2}},$$

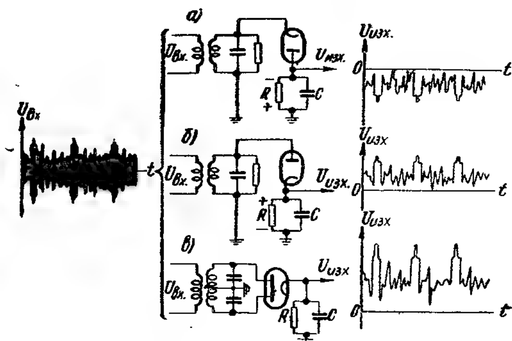
където R_0 е еквивалентното съпротивление, състоящо се от паралелно съединените съпротивления R, R_1 и R_p;

S — стръмността на лампата;

f_0 — критичната честота.

ж. Детектиране

Използуваните методи за детектиране в радиоразпръскването: диодно, решетъчно, анодно и катодно, могат да бъдат използувани и за детектиране на телевизионните сигнали. Разбира се, детектирането на телевизионните сигнали притежава някои специфични особености. Така например при радиоразпръскването отношението n на носещата честота $f_{нос}$ към най-високата честота F_2 е от порядъка на 1000 до 5000, докато при телевизията това отношение е равно на 10 до 30. На фиг. 252 са дадени схемите на диодни детектори, най-често използувани в телевизионните приемници.

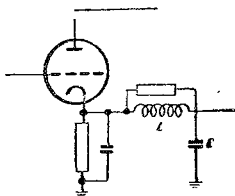


Фиг. 252. Схеми за диодни детектори

Детекторът, включен по схемата на фиг. 252*а* с товарно съпротивление *R*, дава позитивни сигнали на образа, т. е. такива сигнали, които при увеличение на напрежението на изхода на детектора съответствуват на яркостта на предавания образ.

Полярността на сигнала в изхода на детектора се избира в зависимост главно от броя на следващите стъпала.

Детекторът, включен по схемата на фиг. 252*б*, дава негативни сигнали.



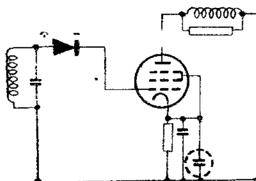
Фиг. 253. Схема за диоден детектор с коригиращи филтри

Ако междинната честота не е достатъчно висока, много трудно става отделянето ѝ от сигнала на образа на изхода на детектора. В тази схема за потискане на носещата честота трябва да се подбере достатъчно голяма стойност на капацитета *C*. Но ако капацитетът *C*, шунтиращ товарното съпротивление *R*, е голям за изглаждане на пулсациите на междинната честота, то ще се отслабва високочестотната съставна на сигнала и ще се получи значителен спад на високите честоти на телевизионните сигнали. По тази причина на изхода на детектора понякога поставят филтри за ниски честоти, позволяващи да се получи добро разделяне на горепосочените напрежения, отколкото шунтиращите капацитети (фиг. 253).

Схемите с *RC*-филтри осигуряват задоволително разделяне на честотите при $n > 10$. За подобряване разделянето на честотите се използува схема с

двуполупериодно детектиране, което довежда до намаление на n два пъти. При тази отделеното напрежение има двойна честота. Двуполупериодният детектор позволява да се получи силен сигнал на изхода му.

За подобряване на честотната характеристика на детектора във веригата на товарното съпротивление R понякога включват коригираща индуктивност.



Фиг. 254. Схема на детектор с кристален диод

Голямо разпространение са получили детекторите, работещи на кристални диоди. Малкото входящо съпротивление на кристалния детектор не е голям недостатък при детектирането на сигналите, тъй като, за да се разшири пропусканата честотна лента от кръга на усилвателя за междинна честота, е необходимо да се шунтира. На фиг. 254 е приведена схемата на детектора с кристален диод. Необходимо е да се отбележи, че малкото вътрешно съпротивление на кристалния детектор позволява да се получи добро предаване на напрежението при малки товари R, което е необходимо да се използува в телевизията за широката модулираща честотна лента.

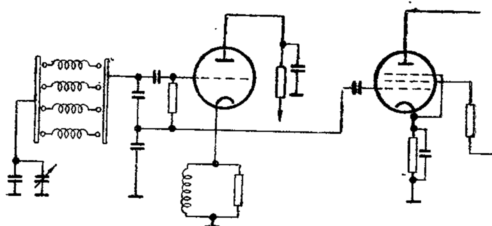
з. Преобразуване на честотата

Преобразуване на честотата в обхвата на метровите вълни става по същите методи, както и за най-дългите вълни. В УКВ обхват сега най-голямо приложение са получили триодните и хептодните смесители, понеже те дават много по-малко ниво на шума, отколкото многорешетъчните лампи и имат сравнително голяма стръмност. Стръмността при преобразуване на честотата в триодите е приблизително равна на $0{,}25—0{,}3 . S_0$, където S_0 е максималното значение на стръмността при нулево значение на преднапрежението на лампата.

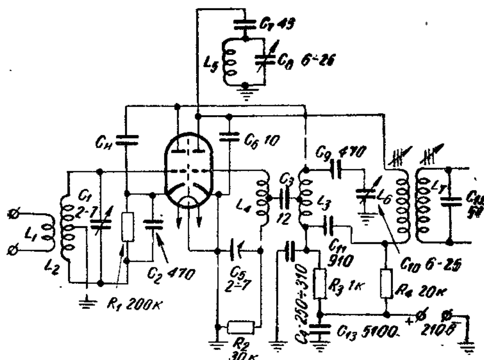
Нивото на шума на лампата се характеризира с еквивалентното съпротивление на шума $R_ш$. За триоди с оксидиран катод $R_ш = \frac{2,5—3}{S}$, където S е стръмността в $a/в$, $R_ш$ — в $ом$.

В режим на преобразуване $R_ш$ приблизително се определя по същата формула, като вместо да се вземе S в режим на усилване, се взема $S_{пр}$ в режим на преобразуване ($S_{пр} < S$).

За нормална работа на смесителната лампа е необходимо нейната работна точка да се намира на нелинейния участък на характеристиката на анодния ток. В този случай тя детектира биенията, възникнали между приеманите



Фиг. 255. Схема на преобразовател на честотата



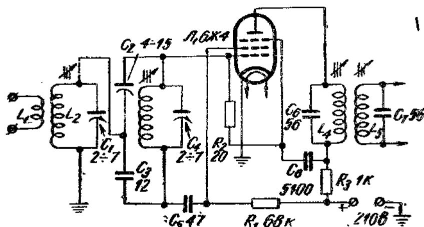
Фаг. 256. Схема на преобразовател на честота, изпълнен с двоен триод

сигнали и трептенията на хетеродина, в резултат на което в анодната верига се отделя ток на междинната честота на образа и звука. Съществен недостатък на триодите—смесители се явява значителното взаимодействие между

напрежението на хетеродина и сигнала, тъй като тези две напрежения действуват на една и съща решетка, в резултат на което честотата на хетеродина зависи от настройката на сигнала. На фиг. 255 е дадена схемата на преобразовател на честотата.

Основен недостатък на тази схема е, че липсват специални мерки за стабилизация на честотата и съществуващата много силна връзка между хетеродина и веригата на сигнала.

Значително по-добри показатели има преобразователят, изпълнен с двоен триод (фиг. 256). На единия триод работи хетеродинът, а на другия — смесителят. Връзката между хетеродина и смесителя е слаба.



Фиг. 257. Схема на еднорешетъчно преобразуване на честотата, изпълнена с пентод

В настояще време са получили голямо разпространение еднорешетъчните преобразователи на честотата на триоди и пентоди по мостови схеми. На фиг. 257 е дадена схемата на еднорешетъчен преобразовател.

На честоти, по-високи от 50 *мхц*, добре е да се използуват триодни преобразователи.

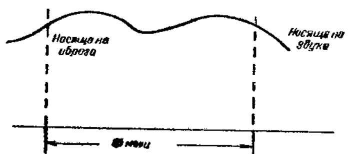
Разглежданите схеми на едноламлови преобразователи са доста по-сложни, отколкото схемите, в които се използуват отделни лампи за хетеродина и смесителя.

и. Способи за разделяне на сигналите на образа и звука

В суперхетеродинните телевизионни приемници високочестотният усилвател, преобразователят на честотата и междинночестотният усилвател са общи за каналите на образа и звука. Обикновено отделянето на каналите става на изхода на детектора. Трептящите кръгове на високочестотната част на приемника, настроени на приеманите сигнали, трябва плътно да пропускат носещите честоти на образа и звука с техните странични честоти. За да се получи достатъчно широка лента, шунтират ги с активни съпротивления. Примерно честотната характеристика на високочестотната част на приемника има вида, показан на фиг. 258. За входни усилвателни лампи много често се използуват пентоди. Но понастоящем за такива почват да използуват специален триод с голяма стръмност и малки междуелектродни капацитети. Тъй

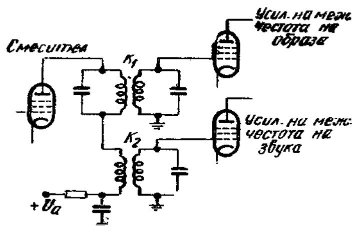
като триодите имат няколко пъти по-малък шум, отколкото пентодите, те позволяват да се усилят много по-слаби сигнали. При използуваие на триоди се използуват схеми със заземеиа решетка, с катодна връзка или двутактни схеми.

За смесителни лампи се използуват пеитоди с голяма стръмност, за да се получи голямо усилване. Не всякога се използуват преобразователни лампи,



Фиг. 258. Честотна характеристика на виcсокочестотната част иа приемника

тъй като в тях много често възникват УКВ, което води до чувствително намаляване усилването на преобразователното стъпало, а оттам и чувствителността на приемника. Ето защо за хетеродина всякога използуват отделна лампа.



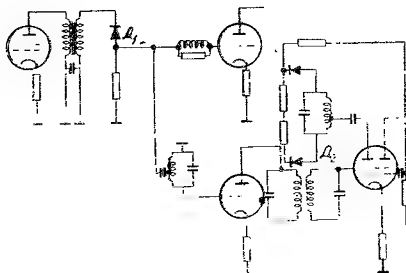
Фиг. 259. Разделяне междинната честота иа образа и звука в анодната верига иа смесителя

Стабилността на честотата на хетеродина в телевизора играе твърде съществена роля. Обикновено с цел да се получи голямо усилваие и избирателност на усилвателя на междинната честота иа звука, а така също необходимата ширина на честотната лента често избират честотата на хетеродина много по-висока от честотата на сигнала. При това междинната честота на образа се оказва много по-висока от междинната честота на звука.

В старите схеми, които почти не се използуват в анодната верига на смесителя, става разделянето на сигналите на междинната честота на образа и звука. За тази цел в анодната верига на смесителя поставят два трептящи кръга K_1 и K_2 (фиг. 259), съответно настроени на междинната честота на образа и звука. От кръга K_1 сигналите се подават на усилвателя на междинната честота на образа, а от кръга K_2 — на усилвателя на междинната честота на звука.

За пренастройки на приемника от една вълна на друга трябва да се измени настройката на кръговете в решетъчната верига на усилвателя, анодната верига на усилвателя и в хетеродина.

В новите телевизионни схеми разделянето на сигналите на междинната честота на образни и звукови сигнали се осъществява след детектора (фиг. 260)



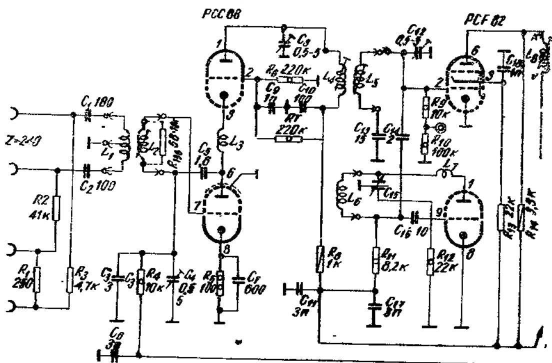
Фиг. 260. Разделяне на сигналите на образа и звука след детектора

В резултат на смесването на входящия сигнал и сигнала на местния осцилатор се получават междинни честоти на звука (27, 75 *мгхц*) и на образа (34, 25 *мгхц*), които се усилват в общите междинночестотни усилватели. След това сигналът се подава на детектора, на изхода на който се отделя видеосигналът. Видеосигналът, усилен във видеоусилвателя, постъпва на катода на електроннолъчевата тръба. Отделянето на НЧ напрежение се осъществява, като сигналът, снет след първия детектор, се прехвърля на усилвателя на биенията и оттам на втория детектор, който работи по схемата на дискриминатор.

к. Високочестотен блок на телевизорите

На фиг. 261 е показана принципна схема на високочестотния блок на телевизора Орион 53Т816, който съдържа ВЧ усилвател, смесител и осцилатор. ВЧУ повишава отношението на полезния сигнал към нивото на шума, създадено в смесителя.

Входящото съпротивление на високочестотния блок се съгласува със съпротивлението на фидера (240 *ом*) за отстраняване на отраженията по фидера, което предизвиква изкривявания на образа.



Фиг. 261. Принципна схема на високочестотния блок на телевизора Орион 53Т816

От осцилатора се изисква висока стабилност на честотата. Основна причина за отклонение на честотата на осцилатора е изменението на междуелектродните капацитети на лампата.

Честотата на осцилатора обикновено се избира по-висока от носещата на звука и образа.

Трептящите кръгове на високочестотния блок трябва да пропускат носещата честота на образните сигнали и горната честотна лента, а така също носещата честота на звуковия съпровод и двете странични ленти.

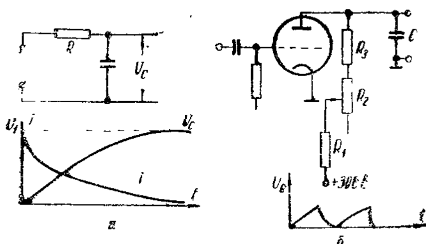
Във високочестотния блок се използуват високочестотни пентоди, а напоследък голямо приложение намират миниатюрните триоди. Като смесител се използуват пентоди с голяма стръмност.

л. Разгъващи устройства

Отклонението на електронния лъч върху екрана на кинескопа се извършва, като се подава на отклоняващото устройство трионообразно напрежение (за тръби с електростатично отклонение) или трионообразен ток (за тръби с електромагнитно отклонение). За вертикалното отклонение честотата на трионообразното напрежение е равна на броя на полукадрите, предавани за 1 *сек*,

а за хоризонталното отклонение — произведението на броя на кадрите за 1 *сек* по броя на линиите, т. е. 25 × 625 = 15625 *хц*.

За получаването на трионообразни напрежения главно се използува методът за зареждането и разреждането на кондензатори.



Фиг. 262

а — схема за получаване на трионообразно напрежение; *б* — графика за нарастване на напрежението в кондензатора *C*

Схема за получаване на такова напрежение с помощта на лампа и разреждаща се верига е дадена на фиг. 262*а*.

При $R_i \ll R_1 + R_2 + R_3$ и наличие на положителен потенциал на решетката на лампата напрежението на кондензатора $U_c \approx 0$. В момент на запушена лампа кондензаторът *C* започва да се зарежда през съпротивленията R_1, R_2 и R_3, като напрежението на кондензатора расте по експоненциална линия (фиг. 262 *б*). Практически стойностите на R_1, R_2 и R_3 се избират така, че за времето на дясното отклонение на лъча кондензаторът *C* да се зареди с напрежение примерно до 0,1 от захранващото напрежение.

За получаване нормалния размер на растера амплитудата на трионообразното напрежение трябва да бъде от порядъка на 30 *в*.

Блокинг-генератор. Блокинг-генераторът, чиято принципна схема е показана на фиг. 263*а*, представлява еднолампова автотрептяща система от релаксационен тип. В анодната верига на лампата е включена само първичната навивка на трансформатора, с помощта на който се осъществява връзка с решетъчния кръг. Генераторът произвежда трептения със сложна форма (фиг. 263 *б*.)

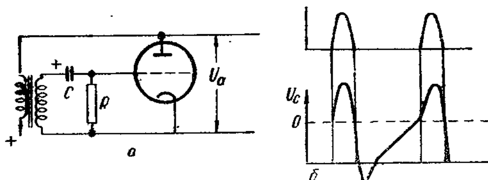
Периодът на трептенията на блокинг-генератора се определя от формулата

$$T \approx (0{,}3 \div 0{,}5)\, RC.$$

На фиг. 264 е дадена принципната схема на блокинг-генератора за кадрова развивка на телевизора Белведер ОТ1481.

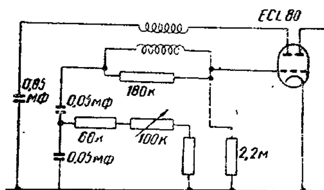
Начин за отклонение на лъча в тръби с електростатично и електромагнитно отклонение. В приемните тръби с електростатично отклонение

преместването на лъча по екрана се извършва от електрическото поле на кондензатора, образуван от отклоняващите плочи. Отклонението на лъча на екрана на тръбата в *мм* на 1 *в* напрежение, приложено на отклоняващите плочи, се нарича чувствителност на тръбата.



Фиг. 263

а — принципна схема на блокинг-генератора; *б* — произведени от генератора трептения



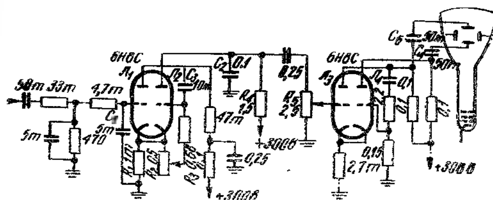
Фиг. 264. Принципна схема от блокинг-генератора за кадрова развивка на телевизора Белведер ОТ1481

На фиг. 265 е дадена схемата за вертикално разгъване от тръба с електростатично отклонение. Като задаващ генератор се използува несиметричен мултивибратор с катодна връзка. Разреждащата верига се състои от съпротивлението R_4 и кондензатора C_3. Честотата на генератора се регулира със съпротивлението R_5. Кондензаторите C_4 и C_5 трябва да издържат на високи напрежения, тъй като отклоняващите плочи се намират под висок положителен потенциал.

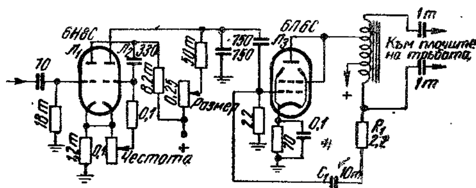
Отклоняващите напрежения от генератора за развивка се подават на съответните плочи на тръбата посредством кондензатори.

На фиг. 266 е дадена схема за хоризонтално разгъване от тръба с електростатично отклонение, в която за генератор на трионообразно напрежение се използува мултивибратор, работещ с лампа 6Н8. Трионообразното напрежение от анода на лампата 6Н8 се подава на решетката на лампата 6П6. За товар

на лампата 6П6 се използува автотрансформатор, от чиито навивки напрежението се подава на хоризонтално отклоняващите плочи на тръбата.



Фиг. 265. Принципна схема за вертикално разгъване от тръба с електростатично отклонение

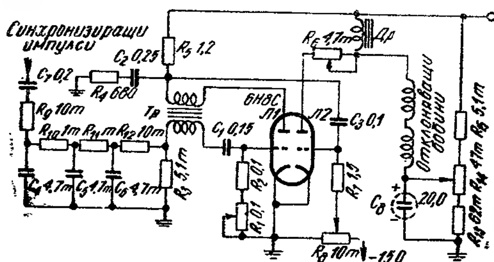


Фиг. 266. Принципна схема за хоризонтално разгъване от тръба с електростатично отклонение

Дадената схема на фиг. 267 е за вертикално разгъване от тръба с електромагнитно отклонение. Триодът $Л_1$ работи като блокинг-генератор, а триодът $Л_2$ — като усилвател на триоообразното импулсно напрежение.

Триообразното напрежение през кондензатора C_3 постъпва на решетката на триода $Л_2$. Усиленото триообразно напрежение от дросела се подава на отклоняващите бобини. Размерите на растера по вертикали се регулират със съпротивлението R_6. Потенциометърът R_{14} се използува за преместване на растера по вертикали. Със съпротивлението R_1 се регулира честотата на генератора.

Настройка на телевизионните приемници по изпитателната таблица. Осъществяването на визуален контрол на работата на телевизионния предавател и настройката на телевизионните приемници стават с помощта на изпитателна таблица.



Фиг. 267. Принципна схема за вертикално разгъване от тръба с електро[redacted]но отклонение
МАГНИТ

Фиг. 268. Телевизионна изпитателна таблица

На фиг. 268 е показана българската изпитателна таблица[1], с помощта на която може да се настрои с достатъчна точност телевизионният приемник.

При всяко започване настройката на телевизора трябва да се убедим, че същият работи. Регулаторът за контраст се поставя на максимално усилване, а регулаторът за яркост — в положение, при което растерът започва да се движи. По-нататък при включване на антената, ако предавателят излъчва таблицата, трябва върху екрана да се появи изображение (образ). Елементите, с които се контролира растерът, са белите стрелки, които със своите остриета трябва да допират до страните на таблицата. При регулиране на размерите на растера остриетата им трябва да се виждат. За оценка на правилно избран растер може да служат централната окръжност и четирите странични окръжности, които не трябва да имат елиптична форма. Неправилно избраният размер по хоризонтали или вертикали може да се отчете по шахматното поле, чиито квадрати са се превърнали в правоъгълници.

Линейността и геометричните изкривявания са едни от основните параметри на изображението. Преценка за тези изкривявания се правят на око по шахматното поле, на което квадратите в горния и долния край, респективно вляво и вдясно, трябва да са еднакви и правилни, а не правоъгълници. Освен това централната и четирите странични окръжности да не са елипси или яйцевидни.

Най-важната част на таблицата са трите клина в центъра и четирите клина, разположени във всеки ъгъл на таблицата, чрез които се определя разделителната способност (детайлност) на изображението. Разделителната способност се определя от максималния брой линии, които могат да се видят по клиновете на изпитателната таблица.

Тези клинове се състоят от тънки сходящи черни линии, чиято дебелина е строго разчетена. По протежение на клиновете са поставени чертички и цифрите *200, 300, 400, 500, 600* (в централния кръг) и *2, 3, 4, 5* и *6* в кръговете на ъглите. Детайлността се определя от цифрата на клина, срещу която не е влошен контрастът между черните и белите линии. Определянето на детайлността по вертикали се прави по хоризонталните клинове, а по хоризонтали — по вертикалните клинове. Всякога разделителната способност в центъра е по-голяма от тази в краищата поради разфокусирането на лъчите в края на растера. Практически при развивка 625 линии максималната разделителна способност по хоризонтали е 580 линии, а по вертикали е 450 линии.

В таблица 44 е дадена зависимостта между пропусканата честотна лента на телевизора (в *мгхц*) и броя на детайлно различаваните линии.

Таблица 44

Брой на различимите линии по вертикали	200	250	300	350	400	450	500
Пропускана честотна лента	2,5	3,13	3,75	4,37	5,0	5,63	6,25

Във всеки ъгъл на растера може да се отчете със задоволителна точност едновременно разделителната способност по хоризонтали и вертикали. Тънките $^{3}/_{4}$ окръжности определят мястото на отделните разделителни способности от 200 до 600 линии.

[1] Тази таблица подлежи на изменение.

Отляво надясно на централния кръг, както и в самия него под клиновете са поставени отделни групички от вертикални линии и цифри, означаващи разделителната способност — 200, 300, 350, 400, 450, 500, 550 и 600 линии (от двете страни) и 450, 500, 550 и 600 линии във вътрешността на голямата окръжност.

Установяването на яркостта и контраста на изображението става с помощта на четирите градационни клина (два вертикални и два хоризонтални), всеки от които има 10 различни правоъгълника, които представляват различна степен на яркост. Ако правилно е регулиран телевизорът по яркост и контраст, може да се видят от 6 до 8 градации на яркост. Необходимо е при всяко регулиране на яркостта да се провери и регулаторът на контраста. Подбира се такава яркост, която е приятна за окото.

След като е правилно избрано положението на регулаторите за яркост и контраст, подбира се положението на регулатора за фокусировка. Ако изображението е неясно, размазано, обезателно трябва да се фокусира. Степента на фокусировката се отчита по малките концентрични окръжности, които се намират в центъра и в четирите края така, че дебелината на линиите на тези окръжности да бъде еднаква навсякъде, както и линиите на растера да бъдат най-добре очертани с минимална ширина.

Проверката на качеството и точността на презредната развивка се прави с помощта на двете диагонални прави линии, които се намират вътре в централната окръжност. При нарушаване на презредната развивка линиите се явяват назъбени.

4. Борба със смущенията в телевизията

Качеството на приемането на телевизионните предавания (в зависимост от това, къде е разположен телевизорът) в голяма или малка степен се влошава от действието на смущенията.

Особено приемането на предаванията в големите градове е съпроводено със смущения, които значително понижават качеството на приемания образ.

Съвременното телевизионно предаване се провежда на ултракъси вълни (УКВ), които не се влияят от атмосферните смущения. Това се обяснява с обстоятелството, че тези видове смущения главно се проявяват в обхвата на най-дългите вълни. Ето защо атмосферните смущения практически не влошават качеството на приетите телевизионни програми.

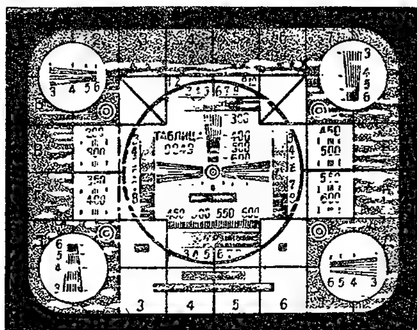
Голямо влияние на качеството на приетия образ оказват промишлените устройства и домашните електроуреди, които създават така наречените индустриални смущения. Източник на индустриални смущения може да бъде всяка електрическа верига, в която настъпват чести и резки изменения на тока, обикновено свързани с повреди в контактите и поява на искри, утечки на тока през изолацията и други. Източници на смущения могат да бъдат също уредите, генериращи електрически трептения с висока честота.

Най-мощни източници на смущения са трамваите, тролейбусите, чието движение е съпроводено с чести прекъсвания в контакта между въздушните проводници и пантографа. Смущенията от електротранспорта имат импулсен характер, поради което действуват главно на веригите на синхронизацията, като изменят честотата на генераторите за кадрови и редови импулси. Тези смущения на екрана на телевизора се явяват във вид на бели и черни точки и линии, преминаващи по редовете или заемащи целия екран.

Източници на смущения са колекторните мотори и машини, различните релета, електромедицинските уреди, електрическите звънци, прахосмукачките и други.

Значителни смущения създават системите на запалване на двигателите с вътрешно горене, намиращи се в автомобилите, мотоциклетите, самолетите и други (фиг. 269).

Радиопредавателните станции и особено тези, работещи с честотна модулация, ако те са разположени близко до мястото на телевизионното предаване,



Фиг. 269. Смущения от системите на запалване на двигателите с вътрешно горене (автомобили и др.)

също могат да създават значителни смущения, които на екрана на телевизора образуват характерна мрежа, непрекъснато изменяща се (фиг. 270).

Смущенията от рентгеновите апарати имат характерния вид на влакното на дърво (фиг. 271).

Индустриалните смущения се разпространяват като пространствени вълни или по протежение на електрическите вериги. Обикновено радиусът на действието на пространствените електромагнитни вълни, предизвикани от източници на смущенията, достига до няколко десетки метри. Що се отнася до високочестотните смущения, възникнали в резултат на бързи прекъсвания на тока или изменение на неговата величина, то те се разпространяват по проводниците на няколко километра.

Пътищата, по които проникват смущенията в телевизионния приемник, са следните:

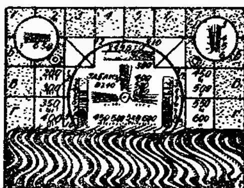
1. Чрез антената.
2. Чрез захранващата мрежа.
3. Непосредствено въздействие на фидера на антената

4. Непосредствено въздействие на шасито.

5. Непосредствено въздействие на кръговете и отделни участъци на схемата на приемника.



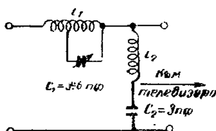
Фиг. 270. Смущения от радиопредавателни станции



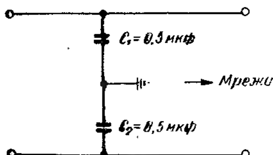
Фиг. 271. Смущения от рентгенови апарати

Нивото на индустриалните смущения може да бъде значително снижено, ако се използуват специални филтри, екрани и др., които се включват към източника на смущенията.

За намаляване на влиянието на смущенията следва да се монтира антената колкото се може по-нависоко и далеч от местата, където възникват смущенията, фидерът на антената следва да бъде екраниран.



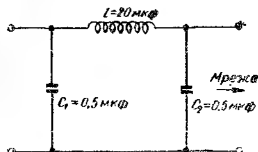
Фиг. 272. Схема на филтър за защита от КВ предавател



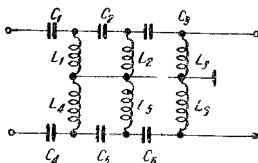
Фиг. 273. Схема на филтъра за защита от смущения, проникнали през електрическата мрежа

За защита на телевизора от късовълнови радиостанции следва да се употребят филтри (схема на такъв филтър с ориентировъчни данни е даден на фиг. 272) или пък да се използува доста сложна антена с рефлектор, която да се ориентира по опитен път. Такава антена може да се използува при поява на добавъчни контури върху образа, които са създадени с отразените сигнали от антените на зданията, разположени близо до мястото на приемането. Като се върти около оста си, може да се намери положение от антената,

при което вътрешният образ на екрана на тръбата съвсем да изчезне или значително да отслабне. Ако при въртенето на антената не се удаде случай да отстраним смущенията, следва да се премести антената на друго място



Фиг. 274. Схема на мрежов филтър с дросел и кондензатори

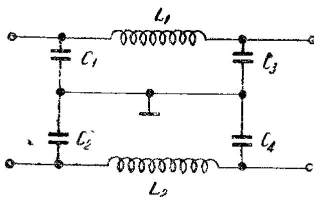


Фиг. 275. Схема на сложен мрежов филтър с дросел и кондензатори

на покрива на сградата и да се повтори операцията за новото ориентиране на антената.

Проникването на смущения през електрическата мрежа може да бъде намалено, ако в проводниците на мрежата се включи филтър, показан на фиг. 273, или дросел и кондензатор (фиг. 274).

В случая, когато сигналите на смущенията имат точно определена честота, то филтърът следва да се настрои, като се подберат величините на конден-



Фиг. 276. Схема на сложен мрежов филтър

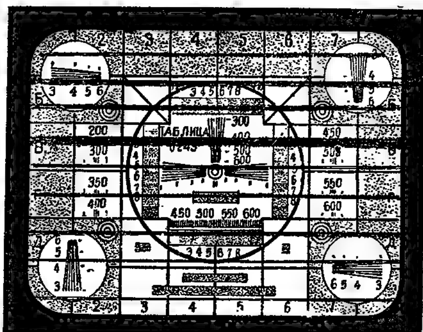
заторите C_1 и C_2 в схемата на фиг. 274. В някои специални случаи може да се окаже удачно употребяването на сложни филтри, чиито схеми са дадени на фиг. 275 и фиг. 276.

Смущенията, които се наблюдават върху образа във вид на хоризонтални ленти с различна ширина и яркост (фиг. 277), проявяващи се в такт с изменението височината на сигналите на звуковия съпровод, се обясняват с недостатъчната филтрация на сигналите на звуковия съпровод в канала на сигналите на образа.

В зависимост от честотния спектър, зает от смущенията, се различават:

1. Смущения със спектър, разположен извън честотната лента на телевизионния сигнал.

2. Смущения със спектър, разположен в честотната лента на телевизионния сигнал. Сигналите на смущенията от първата група попадат в прием-



Фиг. 277. Смущения от сигналите на звуковия съпровод, проникнали в канала на образа

ника заедно с полезния сигнал. Сигналите на смущенията от втората група могат да попаднат както чрез допълнителни канали така и чрез основния канал в резултат на получените комбинационни честоти и наличието на висши хармонични в хетеродина.

За честотно разделяне на смущенията от сигнала се използуват в практиката:

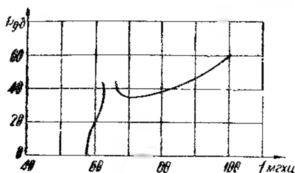
1. Филтри за долните честоти. Тези филтри потискат всички честоти, разположени над най-високата честота на телевизионния канал (фиг. 278).

2. Филтри за горните честоти, потискащи всички смущения, разположени по-ниско от най-ниските честоти на телевизионния канал (фиг. 279). Този тип филтри са едни от най-ефикасните, имайки предвид, че по-голямата част от честотната лента на смущенията има честоти, по-ниски от честотите на телевизионния канал.

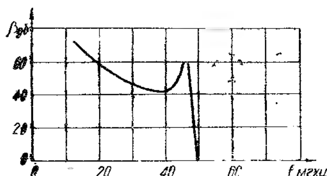
3. Лентов филтър, обединяващ свойствата на филтрите на долните и горните честоти.

4. Тяснолентов настройван филтър, използуващ се за потискане на смущенията, заемащи тесен спектър в честотната лента на телевизионния канал.

5. **Мрежов филтър** (фиг. 275 и 276), представляващ от себе си филтър за долните честоти с гранична честота 5 *мгхц* или по-ниска. За този филтър



Фиг. 278. Характеристика на филтър за долните честоти



Фиг. 279. Характеристика на филтър за горните честоти

има голямо значение качественото му заземяване. Корпусът на филтъра е правилно да се съедини с шасито на телевизора посредством къс проводник.

Получените филтри на фиг. 278 и 279 са за I и II телевизионен канал

5. Електроннолъчеви тръби

а. Приемни тръби[1]

Специфична съставна част на електроннолъчевата тръба е екранът. Той се изработва от вещество, имащо свойството да свети под влиянието на бомбардировката на електронния лъч. Тези вещества са фосфорът и луминофорът.

Луминесциращият екран се характеризира със следните параметри: коефициент на светоотдаването, временно послесветене и цвят на светенето.

[1] Параметрите им са дадени в табл. 20, 21 и 22.

Силата на светлината, излъчвана от луминесциращия екран, е приблизително пропорционална на произведението на тока на лъча по ускоряващото напрежение, т. е. пропорционална на мощността, загубена при бомбардирането на лъча. Отношението на излъчената сила на светлината към загубената мощност се нарича коефициент на светоотдаването или ефективност на екрана. Ефективността на екрана обикновено се колебае в границите от 1 до 5 *св/вт.*

Всички луминофори, възбудени от електронния лъч, след прекъсване на възбуждането продължават за кратко време да светят, което явление се нарича *послесветене.*

Времето, в течение на което яркостта на послесветенето спада до 1 % от първоначалната яркост, наричат време на послесветенето. Това време на послесветенето не трябва да бъде по-голямо от $^{1}/_{25}$ *сек*, което съответствува на времето за сменянето на кадъра на телевизионния образ, в противен случай последователните абрази ще се наслагват един върху друг.

Цветът на светенето трябва да се приема от очите. В практиката е установено, че най-добър цвят на светенето е белият със син или жълт оттенък.

В последните няколко години за високоволтовите приемни тръби се използуват метализиращи екрани, които повишават яркостта, увеличават контраста на образа, а също така запазват екрана от разрушителното действие на бомбардировката на тежките отрицателни йони, намиращи се в електронния лъч.

Чувствителността на електростатичната тръба се определя от величината на отклонението на лъча на екрана на тръбата, изразено в *мм*, при изменение на потенциала на отклоняващата плоча с 1 *в*. За увеличение на чувствителността на тръбата при сравнително голяма скорост на електроните се използува трети анод A_3, разположен зад отклоняващите пластинки.

Електростатичните тръби са намерили широко приложение в осцилографите.

Основният недостатък на електростатичните тръби е разфокусирането им при модулация, който е избягнат при електромагнитните тръби.

Фокусировката на електромагнитната тръба се осъществява с бобина, изпълнена във вид на соленоид. Отклоняващата система се разполага колкото се може по-близо до екрана на зърната. Дължината ѝ не трябва да бъде поголяма от 60 *мм.*

6. Предавателни тръби

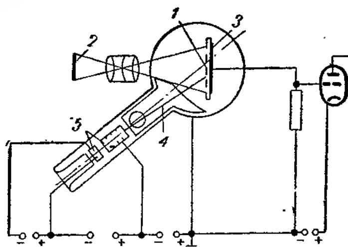
Иконоскоп. Разлагането на образа на предавания предмет на отделни елементи и превръщането осветеността на тези елементи в електрически сигнали става с помощта на специални предавателни тръби.

Първата тръба, позволяваща правилно да се реши въпросът за предаването на висококачествени образи, е *иконоскопът.* Принципът на работа на тази тръба се основава на фотоелектрическия ефект.

Светочувствителният елемент на иконоскопа (фиг. 280), върху която се проектира оптическият образ от предавания предмет *1*, е слюдената пластинка *2*, върху едната страна на която по специален начин са нанесени много голям брой изолирани едно от друго много малки сребърни зрънца. Тези зрънца се покриват с метал, чувствителен към светлината, например цезий, който под въздействието на светлината излъчва електрони. Тази страна на пластинката се нарича мозайка. Обратната страна на пластинката е покрита с графит или друг проводников материал, който образува с всяко сребърно зрънце малък елементарен капацитет.

Ако на мозайката на иконоскопа е проектиран оптически образ на предавания предмет, то всеки светочувствителен елемент ще загуби електрони,

броят на които ще е пропорционален на осветеността на елемента, благодарение на което всеки елементарен кондензатор ще се зареди положително и на повърхността на мозайката ще възникне разпределение на потенциалите. На мозайката ще се появи „електрически образ" на предавания предмет.



Фиг. 280. Схема на включване на иконоскопи

За последователното превръщане на „електрическия образ" по определен порядък в електрически сигнали се използува електронният лъч, който под действието на отклоняващото устройство се премества по мозайката в точно определен ред, като разрежда елементарните кондензатори. В резултат на на това през товарното съпротивление непрекъснато протича ток.

Ефективността на иконоскопа е много ниска. Чувствителността на тръбата е достатъчна, ако при площ на мозайката 100 см^2 отношението сигнал/шум е повече от 30 при осветеност на образа 500—1000 лукса.

Сериозен недостатък на иконоскопа е наличието на паразитен сигнал, който се появява в резултат на отсъствие на насищане на фототока. Този паразитен сигнал се появява във вид на тъмно петно върху образа.

Засега иконоскопът намира приложение главно за възпроизвеждане на кинофилмите. Може да се предполага, че в близко бъдеще той ще излезе от употреба и от тази област, отстъпвайки мястото си на видикона.

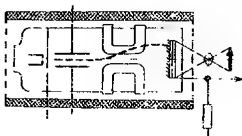
Ортикон. Основното отличие на ортикона от иконоскопа се състои в това, че скоростта на електроните на лъча при приближаване на мозайката намалява почти до нула. Неголямата скорост на електроните обаче влошава фокусировката. За отстраняване на този недостатък в ортикона се използува еднородно магнитно поле.

Втората особеност на ортикона е особеният начин на развивката, свързан с използуването на еднородно фокусно магнитно поле. В ортикона за различие от иконоскопа мозайката и сигналната пластинка са направени полупрозрачни. Това позволява да се проектира образът от страната на мозайката, което спомага да се избегне трапецовидното изкривяване на растера.

Чувствителността на ортикона е няколко пъти по-голяма от тази на иконоскопа.

На фиг. 281 е показано схематичното устройство на ортикона.

Ортиконът има нормален електронен прожектор, на анода на който се подава ускоряващо напрежение от порядъка на 200—300 в. В изходящото отверстие на прожектора се разполага колекторът (изпълнен във вид на диск с отверстия).

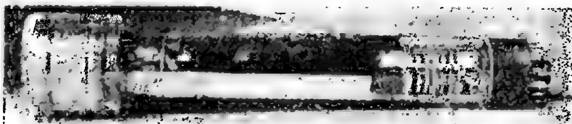


Фиг. 281. Схематично устройство на ортикон

Съвременният ортикон има сравнително малки размери и позволява да се получи необходимата стойност на сигнала при значително малка осветеност на предавания предмет, отколкото иконоскопът.

Основен недостатък на ортикона е неговата неустойчивост при силно осветени предавани образи. Нормалната работа на ортикона продължава дотогава, докато осветеността на мозайката позволява количеството на фотоелектроните, загубени във всеки елемент в течение на пълния цикъл на развивката, да не превишава количеството на електроните, носени от електронния лъч.

Ако в мозайката на ортикона възникне такъв положителен потенциал, при който могат да се появят вторични електрони, то потенциалът на това място от мозайката започва да расте и на приемания образ се появява бяло петно, бързо разпространяващо се по цялата повърхност на приемния екран. Ето защо по тази причина ортиконът не може да работи при голяма разлика в осветеността на отделните места на предавания обект.



Фиг. 282. Суперортикон

Суперортикон. Суперортиконът (фиг. 282) обединява принципите за пренасяне на образа и умножение на сигнала. Той е около 100 пъти по-чувствителен от иконоскопа.

Фотокатодът на суперортикона е изпълнен от чувствителна полупрозрачна лента, фотоелектроните се фокусират от магнитното поле на фокусиращата бобина и образуват електронния образ върху мишена, който отвежда появилите се вторични електрони, при което потенциалът на мишена остава постоянен в условията на силно осветление.

По този начин се отстранява най-сериозният недостатък на ортикона.

Суперортиконът първоначално се е използувал само за предавания, където осветлението е слабо. Понастоящем той се използува за извънстудийни, студийни, спортни и учебни предавания с изключение на предаванията на кинофилми.

Видикон. Видиконът (фиг. 283) представлява фотопроводяща тръба с извънредно проста конструкция. Той се състои от фотопроводящи мишени, закрепени на дъното на колбата и на електронния прожектор. Диаметърът на види-



Фиг. 283. Видикон

кона е около 25 *мм*, а дължината му 160 *мм*. Макар и толкова малка, тази тръба има достатъчна чувствителност и дава при нормално осветление в студиото качествен образ. За промишлената телевизия с тази тръба са получени много добри резултати.

Основен недостатък на видикона е неговата инертност при малка осветеност в помещенията, която се изразява при предаване на образа като известно изоставане на движещия се обект.

Десета глава

АНТЕНИ

1. Приемни антени

а. Основни технически показатели на приемните антени

Качеството на приемните антени се характеризира с коефициента на насоченото действие (D), коефициента на полезното действие (η), коефициента на усилването (ε) и действуващата височина ($h_д$)

Коефициент на насоченото действие. Коефициентът на насоченото действие на приемната антена в определено направление се характеризира с отношението на мощността (P), постъпваща на входа на приемника, при приемане от същото направление към средната стойност на мощността ($P_{ср}$) при насочена антена.

$$D = \frac{P}{P_{ср}}.$$

Тъй като мощността P е пропорционална на квадрата на напрежението във входа на приемника, то

$$D = \frac{U^2}{U_{ср}^2},$$

където U е напрежението на входа на приемника, постъпило от даденото направление;

$U_{ср}$ — средната стойност на напрежението на входа на приемника.

Коефициент на полезното действие. Коефициентът на полезното действие на антената, това е отношението на полезната мощност ($P_{пол}$), излъчена от антената към мощността ($P_а$) на електромагнитните вълни, приети от антената:

$$\eta = \frac{P_{пол}}{P_а}.$$

Коефициент на усилването. Коефициентът на усилването на приемната антена в дадено направление, това е отношението на мощността (P), която

постъпва на входа на приемника при приемане от същото направление, към мощността $P_{\frac{\lambda}{2}}$, постъпваща на входа на приемника при приемане с полувълнов вибратор.

$$\varepsilon = \frac{P}{P_{\frac{\lambda}{2}}}.$$

Действуваща височина. Действуваща височина на приемната антена $h_д$ е отношението от входящото напрежение (на входа на приемника) $E_в$ към напрегнатостта на полето E в мястото на приемането:

$$h_д = \frac{E_в}{E}.$$

б. Стайни антени

Стайните антени се използуват обикновено в градовете при приемане със суперхетеродинен приемник и когато напрегнатостта на полето в мястото на приемането има голяма стойност. За стайна антена може да се използува проводник с дължина от 1 до 15 *м*, който се монтира на изолатори, разположени на около 10 *см* под тавана на помещението.

Обикновено антената се поставя колкото се може по-далече от инсталациите на електрическото осветление, телефона и радиофикацията и по възможност перпендикулярно на тези проводници.

За стайна антена се използуват голи медни проводници, изолирани проводници, уплетени проводници, специални проводници за висока честота, които се състоят от няколко изолирани помежду си отделни жички.

Основният недостатък на стайните антени е малката им действуваща височина, поради което е твърде ниско нивото на сигнала във входа на приемника.

в. Външни антени

Симетричен вибратор. Изборът на типа на антената и нейното добро изпълнение играе решаващата роля в осигуряването на добри условия за приемането. Правилното избиране на антената в много случаи в условията на силни местни и далечни радиосмущения дава възможност да се получи задоволително приемане.

За приемане на къси вълни целесъобразно е да се използува симетричен вибратор (фиг. 284).

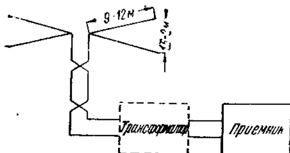
Всяко рамо на полувълновия вибратор се състои от два проводника, разположени под известен ъгъл един спрямо друг било в хоризонталната, било във вертикалната равнина в зависимост от местните условия.

Диаграмата на насоченост на симетричния вибратор е показана на фиг. 285.

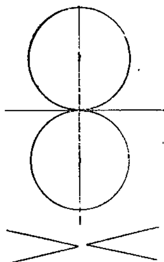
Приемникът се съединява с антената чрез двупроводен фидер с вълново съпротивление от 200 до 600 *ом*.

Използуването на симетричния вибратор за приемане на къси вълни съществено отслабва действието на радиосмущенията.

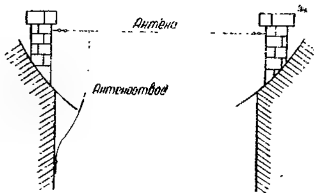
Г-образна приемна антена. Г-образната антена е най-простият вид антена, състояща се от опънат проводник, на единия край на който се включва антеноотводът за приемника (фиг. 286). Дължината на хоризонталната част на Г-образната антена трябва да бъде от 20 до 30 *м*, а височината ѝ — 15 *м*. Не винаги е възможно да се направят с тази дължина, поради което антените се правят двойни (фиг. 287).



Фиг. 284. Симетричен вибратор


Фиг. 285. Хоризонтална диаграма на симетричния вибратор

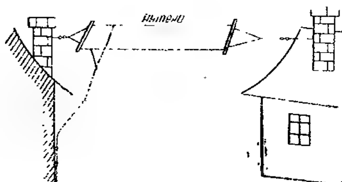
Външните Г-образни антени са намерили голямо приложение в селата и неголемите градове. Хоризонталната част на антената и антеноотвода обикновено се правят от едно парче проводник. За антена се използува въже с



Фиг. 286. Обикновена Г-образна антена

диаметър от 1,5 до 2,5 *мм* меден или биметалически проводник — гол или изолиран, с диаметър 1,5 до 4 *мм* (табл. 45). Също от табл. 45 може да се направи избор на дължината и диаметъра на проводника или въжето, използвано за антена, в зависимост от разстоянието между стълбовете.

Намират приложение и така наречените Т-образни антени, които обикновено се използуват тогава, когато е невъзможно да се включи антеноотводът на края на антената. Антеноотводът се запоява точно на средата на хоризонтал-



Фиг. 287. Двойна Г-образна антена

ната част на антената. Т-образната и Г-образната антена може да се направят от два успоредни проводника.

Таблица 45

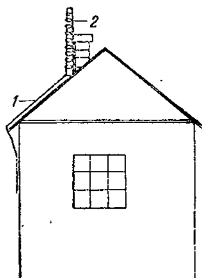
Разстояние между опорните точки в *м*	Дължина на проводника в *м*	Диаметър на проводника в *мм*		Брой и диаметър на жилото на въжето	
		броз	мед	бронз	мед
25	26	1,0	1,6	7 × 0,35	7 × 0,5
40	41	1,5	2,1	7 × 0,5	7 × 0,67
50	52	2,1	2,6	7 × 0,67	19 × 0,52
60	62	2,1	3,0	7 × 0,67	7 × 1,0
80	82	2,6	3,2	19 × 0,52	19 × 0,64

Вътре в стаята, където идва антеноотводът, обезателно трябва да се постави гръмопредпазен превключвател, за да се заземи антената във време на гръмотевична буря. Препоръчва се да се монтира на външната стена на зданието гръмопредпазен разрядник.

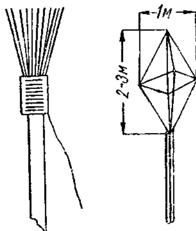
г. Антишумови антени

Антишумовите антени осигуряват качествено радиоприемане за сметка на понижаване нивото на индустриалните смущения. Техен основен недостатък обаче е, че те осигуряват твърде ниско ниво на сигнала на входа на приемника, отколкото другите открити антени със същите размери. Неправилно е да се използуват тези антени за радиоприемане в селата и там, където има детекторни и малко чувствителни приемници.

Една от най-простите антишумови антени е тази, снижението на която е от високочестотен екраниран кабел с дължина около 10—15 *м*. Активната част на такава антена се изработва обикновено във вид на пружина (съсредоточен



Фиг. 288. Антишумова антена



Фиг. 289. Конструкции на антишумови антени

капацитет), навита от изолиран проводник с диаметър около 1 *мм*. и стъпка на навивката от 2 до 4 *см* върху дървена летва с дължина от 3 до 6 *м* (фиг. 288).

Активната част на антените със съсредоточен капацитет се изработва от няколко твърди проводника, разположени във вид на метла, звезда (фиг. 289) или във вид на плоски спирали, разположени хоризонтално.

За снижение (антеноотвод) на антишумовите антени добре е да се използува високочестотен кабел от типа РК-6, РК-20 и РК-24 (съветско производство)

д. Магнитни антени

Магнитните антени имат насочени характеристики. Много малките им размери позволяват да се разположат вътре в кутията на радиоприемника. Засега магнитните антени намират приложение в обхвата на средните и дългите вълни. Магнитната антена конструктивно представлява от себе си високочестотен магнитен материал, върху който са нахлузени бобини. Необходимо е магнитният материал да има висока магнитна проницаемост. Най-добър материал за тази цел е феритът.

Действуващата височина на магнитната антена може да се изчисли по формулата:

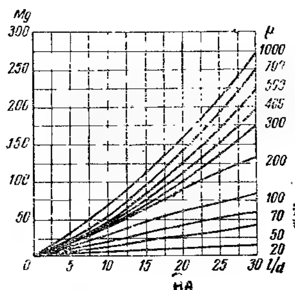
$$h_д = \frac{2\pi S n \mu}{\lambda} m p \, 10^{-4} \, м,$$

където

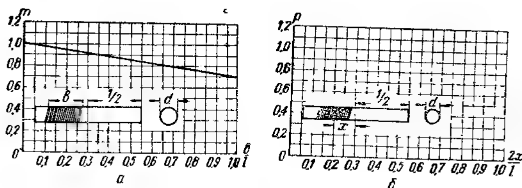
S е сечението на ферита в $см^2$;

n — броят на навивките на бобината;

μ — магнитната проницаемост, определена по графика, показан на фиг. 290;



Фиг. 290. Зависимост на ефективната магнитна проницаемост от размерите на сърцевината



Фиг. 291. Графици за изчисление на магнитна антена

m — коефициент, зависещ от отношението $\frac{b}{l}$;

p — коефициент, зависещ от отношението $\frac{2x}{l}$;

b — ширината на бобината;

l — дължината на сърцевината;

x — разстоянието от средата на сърцевината до средата на бобината (виж. фиг. 291б);

d — диаметърът на сърцевината.

Диаметърът на сърцевината се подбира от 5 до 10 *мм*, а дължината от 150 до 200 *мм*. Препоръчва се да се използува проводник с диаметър от 0,1 до 0,15 *мм* или литцендрат.

Коефициентите m и p се определят от графиците, показани на фиг. 291.

За подобряване на насочените ѝ свойства магнитната антена се поставя в електростатичен екран, който представлява тънкостенен цилиндър.

е. Приемни телевизионни антени

Приемните телевизионни антени по своето устройство и начините на приложението им значително се отличават от приемните антени за радиоразпръскването. Това се дължи както на специалните свойства на антените, така и на разпространението на УКВ, което твърде много се отличава от разпространението на дългите, средните и късите вълни.

Добро приемане на УКВ е възможно на сравнително неголямо разстояние, малко превишаващо зоната на пряката видимост. Радиусът на действие на телевизионния предавател се определя главно по стойностите на височините на предавателната и приемната антена, а именно:

$$r = \sqrt{2a}\left(\sqrt{h} + \sqrt{z}\right),$$

където a е радиусът на земята;

h — височината на предавателната антена;

z — височината на приемната антена.

Така например, ако предавателната антена има височина 100 *м*, а приемната антена 10 *м*, разстоянието на оптическата видимост е приблизително 47 *км*.

Благодарение на явлението рефракция УКВ са способни частично да обвиват повърхността на земята, като далечината на действието им превишава далечината на разпространението на директния лъч.

УКВ понякога се приемат на разстояния 1500—2000 *км*. Причините за такова свръхдалечно приемане не са достатъчно проучени.

Електромагнитното поле, създавано от антената на телевизионната станция във всяка точка на пространството, се характеризира с два основни параметъра: напрегнатост на полето и поляризация.

Напрегнатостта на електромагнитното поле в мястото на приемането се измерва във волтове на метър (*в/м*), като 1 *в/м* = 1000 *мв/м* = 1 000 000 *мкв/м*.

Напрегнатостта на полето зависи от разстоянието до телевизионната станция. Колкото е по-далечно мястото на приемането от телевизионния център, толкова е по-ниска напрегнатостта на полето и толкова е по-слаб приетият сигнал.

Напрегнатостта на полето в градовете може чувствително да се изменя даже в пределите на един неголям район. Причините за това са, че стойността на напрегнатостта на полето във всяка точка се определя както от директните вълни, идващи от предавателната антена на телевизионния център, така и от отразените вълни от сградата и земната повърхност. В резултат на интерференцията на тези вълни в едни точки се получава усилване на полето, а в други отслабване на полето.

Телевизионният сигнал заема твърде широка честотна лента. В мястото на приемането вследствие на сумирането и изваждането на директния и отразения сигнал става усилване на полето на едни честоти и отслабване на полето

на други честоти, което предизвиква честотни изкривявания на телевизионния образ. С подбиране мястото на антената може да се избягнат тези изкривявания.

Интерференцията на УКВ вътре в помещенията е много по-голяма, отколкото навън. Това се обяснява със значителните отражения от стените и на различните предмети, намиращи се в стаите. Полето вътре в помещенията обикновено се явява като стоящи вълни с явно изразени минимуми и максимуми.

Напрегнатостта на полето вътре в помещенията е значително по-ниска, отколкото на покрива на сградата, което се обяснява с екраниращото действие на окръжаващите здания и частичното поглъщане енергията на вълните от стените. В малкозастроените райони електромагнитното поле в помещенията малко се различава от това на покрива на сградите.

В зоната на пряката видимост напрегнатостта на полето е значителна и стабилна за сигурно приемане на телевизионна програма. Но с увеличаване на разстоянието на няколко десетки километра от телевизионната предавателна станция напрегнатостта на полето чувствително спада, което изисква да се поставят насочени антени.

На таблица 46 са дадени средните стойности на напрегнатостта на полето на Софийския телевизионен център, работещ на седми канал ($f = 183{,}25$ *мгхц*) за зоната на пряката видимост, с височина на приемната антена около 20 метра.

Таблица 46

Разстояние до телев. център в *км*	3	6	10	12	15	20	30
Напрегнатостта на полето в *мкв/м*	15000	12000	8000	5000	2000	280	250

Понякога се срещат случаи на телевизионно приемане от телевизионни предаватели, намиращи се на разстояние няколко хиляди километра от мястото на приемането. Такова приемане е възможно при определено състояние на йоносферата, когато метровите вълни не пробиват йонизираните слоеве, а се отразяват обратно на земята. Разбира се, такова приемане е случайно, тъй като йоносферата бързо изменя своите свойства и височината на йонизираните слоеве. Обикновено такова далечно приемане става на честоти от 30 до 60 *мгхц*, а на честоти, по-високи от 100 *мгхц*, е невъзможно.

Приемните телевизионни антени, както и антените за радиоразпръскването се характеризират със следните параметри: входно съпротивление, диаграма на насоченост, действуваща дължина и коефициент на усилване.

Входното съпротивление на антената е съпротивлението в точките на включване фидера. Това съпротивление има в най-общия случай активна и реактивна (индуктивна или капацитивна) компонента.

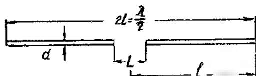
Ако е настроена антената в резонанс, тогава нейната реактивна компонента е равна на нула.

Диаграмата на насоченост на приемните антени се характеризира със зависимостта на *едс*, създадена от електромагнитното поле, от посоката на приемания сигнал.

Например на краищата на полувълновия вибратор (фиг. 292) се констатира най-голяма *едс*, когато приемният сигнал пристига по направление перпен-

дикулярно на вибратора и най-малка *едс* (равна на нула), когато направлението, откъдето идва сигналът, съвпада с оста на вибратора.

Действуваща дължина на приемния вибратор наричат величината, по която трябва да се умножи напрегнатостта на полето в мястото на приемането,



Фиг. 292. Симетричен полувълнов вибратор

така че да се получи стойност на *едс*, установена на краищата на антената при пристигане на сигналите от направление с максимално приемане.

Действуващата дължина се измерва в метри и зависи главно от геометричните размери на антената и дължината на вълната.

За линейния полувълнов вибратор действуващата дължина е

$$h_д = \frac{\lambda}{\pi},$$

където λ е дължина на вълната в *м*.
$\pi = 3{,}14$.

Ако знаем напрегнатостта на полето в точката на приемането, параметрите на приемната антена, типа и дължината на кабела, можем да определим напрежението на входа на приемника по формулата:

$$U = \frac{E \cdot h_д}{2} \cdot K \cdot \sqrt{\frac{R_{пр}}{R_а}} \cdot e^{-\beta l},$$

където

$R_{пр}$ е входното съпротивление на приемника в *ом*;
$R_а$ — входното съпротивление на антената в *ом*;
E — напрегнатостта на полето в точката на приемането в *мкв/м*;
$h_д$ — действуващата дължина на антената в *м*;
K — коефициент на усилването на антената по напрежение;
$e^{-\beta l}$ — коефициент, отчитащ загубите в кабела на снижението.

Стойностите на β за кабели от различни типове (съветско производство) са дадени в първа глава I. 8.

За кабели от типа РК-1 и РК-3 стойностите на коефициента $e^{-\beta l}$ за дванадесетте телевизионни канала при различни дължини на снижението са дадени съответно в табл. 47 и табл. 48.

Ако входното съпротивление на телевизора не е равно на вълновото съпротивление на кабела, част от енергията, постъпваща във входа на приемника, се отразява обратно към антената. По тази причина на входа на телевизора се появяват ред последователно изместени по време повторни сигнали, които при дълъг кабел се проявяват на екрана като двойни образи, а при къс кабел се влошава четливостта (детайлността) на образа.

Таблица 47

Коефициент $e^{-\beta l}$ за кабел РК-1

Телевизионни канали	Дължина на кабела в метри								
	10	20	30	40	50	60	70	80	100
1	0,92	0,86	0,79	0,73	0,67	0,62	0,57	0,53	0,45
2	0,91	0,84	0,77	0,70	0,64	0,59	0,53	0,49	0,41
3	0,90	0,81	0,73	0,65	0,59	0,54	0,48	0,43	0,35
4	0,89	0,80	0,72	0,64	0,58	0,53	0,47	0,42	0,33
5	0,88	0,79	0,71	0,62	0,56	0,50	0,44	0,39	0,31
6—8	0,83	0,70	0,58	0,49	0,46	0,34	0,29	0,24	0,17
9—12	0,82	0,69	0,56	0,47	0,38	0,32	0,26	0,21	0,14

Таблица 48

Коефициент $e^{-\beta l}$ за кабел РК-3

Телевизионни канали	Дължина на кабела в метри									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0,95	0,90	0,86	0,81	0,77	0,73	0,69	0,65	0,62	0,59
2	0,94	0,89	0,84	0,79	0,74	0,70	0,66	0,62	0,59	0,56
3	0,93	0,87	0,81	0,76	0,71	0,66	0,62	0,58	0,54	0,50
4	0,92	0,86	0,80	0,75	0,70	0,65	0,61	0,56	0,52	0,47
5	0,91	0,85	0,79	0,73	0,68	0,62	0,58	0,53	0,49	0,44
6—8	0,89	0,79	0,71	0,63	0,57	0,50	0,45	0,40	0,36	0,32
9—12	0,88	0,78	0,70	0,61	0,54	0,47	0,42	0,37	0,33	0,29

За качествено телевизионно приемане голямо значение има качеството на антената и нейното правилно монтиране и разположение.

Най-простата антена, която е намерила голямо приложение в обхвата на метровите вълни, е полувълновият вибратор.

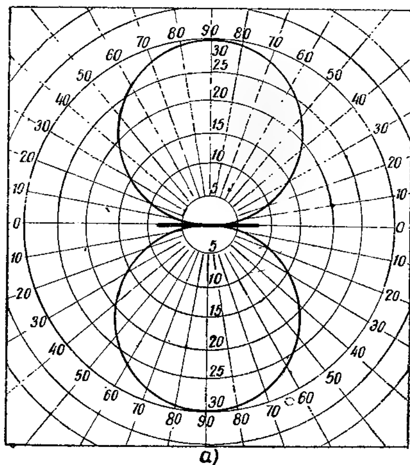
На фиг. 293 е дадена хоризонталната диаграма на полувълновия вибратор, на която насочеността е равна на 90° и максималната сила на приемането се получава тогава, когато плоскостта на вибратора е насочена към предавателната телевизионна станция. Пълното входящо комплексно съпротивление на вибратора е равно на

$$Z_{вх} = R + jx = 73{,}1 + j\,42\ (ом).$$

Това съпротивление зависи от разпределението на тока и напрежението на вибратора.

Реактивната компонента на входящото съпротивление влошава честотната характеристика и коефициента на полезното действие на антената. Обикно-

вено в практиката при настройка на вибратора в резонанс входното съпротивление става активно, т. е. така се подбира дължината на вибратора, че реактивното съпротивление да стане равно на нула. На фиг. 294 е дадена



Фиг. 293. Хоризонтална диаграма на полувълнов вибратор

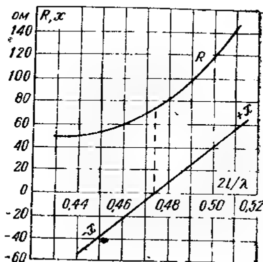
зависимостта на реактивната и активната компонента на входното съпротивление на полувълновия вибратор от неговата дължина. При резонанс на дължината на вибратора реактивната компонента $X = 0$, а активната $R = 73$ *ом* — вибраторът има дължина $l = 0{,}47\,\lambda$, т. е. по-малка от половината на дължината на вълната.

Приемните телевизионни антени, които се използуват в практиката, имат входно съпротивление от порядъка на 30 до 300 *ом*.

В полувълновия вибратор активните загуби са много малки, от което следва, че излъчвателното съпротивление е почти равно на активното съпротивление на антената 73 *ом*. Обикновените радиоразпръсквателни приемни антени имат излъчвателно съпротивление $R_{изл.}$ много по-малко.

Приемната телевизионна антена трябва да пропуща без значителни изкривявания целия спектър на телевизионния сигнал, излъчен от предавателя и имащ лента от 6,75 *мхц*. Честотната лента, пропускана от приемната теле-

визионна антена, се явява характеристика на антената, в значителна степен тя определя качеството на образа на телевизионния екран. При пропускане на тясна честотна лента яснотата на приемания образ рязко се влошава. Обикновено за да се разшири честотната лента на приемната антена, вибраторите се изработват от метални тръби с диаметър от 10 до 30 *мм*. Антената се съединява с приемника с помощта на фидерна линия. Последната може да бъде симетрична или несиметрична и се характеризирв с вълновото си съпротивление, което се дефинира като отношение на напрежението към тока на „бягащата" вълна по протежение на линията. Вълновото съпротивление зависи от размерите на проводниците на линията, от разстоянието между проводниците, от диелектричната константа на изолаторите, разделящи проводниците, но не зависи от дължината на линията. Вълновото съпротивление на линията е толкова по-голямо, колкото е по-малък взаимният капацитет на единица дължина на линията. Що се отнася до загубите в линията, те зависят главно от нейната дължина. Колкото повече са загубите по фидера, толкова по-малък е полезният сигнал, подаван към телевизора.



Фиг. 294. Зависимост на реактивната и активната компонента на входното съпротивление на полувълновия вибратор от неговата дължина

За пълното използуване на полезния сигнал, приеман от антената, е необходимо преди всичко добро съгласуване на вълновото съпротивление на антената с фидера, както и на фидера с входа на приемника, т. е. да е изпълнено условието:

$$R_а = W_ф = R_{пр},$$

където

$R_а$ е активното входно съпротивление на антената в *ом*;

$W_ф$ — вълновото съпротивление на фидера в *ом*;

$R_{пр}$ — активно съпротивление на входа на приемника в *ом*.

Разликата във вълновото съпротивление на фидера и входа на приемника се отразява много по-силно, отколкото разликата на вълновите съпротивления на фидера и антената на качеството на приемния сигнал и КПД на антената.

Указание за нарушено съгласуване и наличие на отражение служи коефициентът на отражението

$$P_{отр} = \frac{U_{отр.}}{U_{изт.}},$$

където $U_{отр.}$ е напрежението, отразено от товара;

$U_{изт.}$ — напрежението на източника.

При съгласуване на фидера с товара, т. е. когато линията е натоварена с активно съпротивление, равно на нейното вълново съпротивление, коефициентът на отражението е равен на нула.

За да се осигури максимална сила на приемането, приемната антена трябва да бъде правилно ориентирана по отношение на предавателната антена и да има еднаква с нея поляризация. Така например, ако предавателната антена излъчва хоризонтално поляризовани вълни, при което електрическото поле е хоризонтално, приемната антена също ще трябва да се разположи хоризонтално.

Съгласуване на антената с фидера. Фидерните линии се използват като снижения на антените, т. е. за предаване на енергията на високочестотните сигнали от антената до входа на приемника. Те могат да бъдат симетрични и несиметрични. За фидерна линия от антената до телевизионния приемник понастоящем се използват проводници или двупроводен високочестотен кабел. Понякога за симетрична линия използват обикновен шнур, свит от два проводника.

Изчислението на вълновото съпротивление на проста двупроводна фидерна линия може да стане по формулата:

$$W_{ф} = 276 . \log . \frac{d}{r} \ (ом),$$

където d е разстоянието между паралелните проводници на фидерната линия в *мм*;

r — радиусът на проводниците в *мм*.

Вълновото съпротивление на коаксиалния фидер с въздушен диелектрик може да се изчисли по формулата:

$$W_{кф} = 138 . \log . \frac{D}{d} (ом),$$

където D е вътрешният диаметър на външния проводник в *мм*;

d — диаметърът на вътрешния проводник в *мм*.

Ако пространството между проводниците на коаксиалния фидер е запълнено с диелектрик, тогава изчислението на вълновото съпротивление става по формулата:

$$W_{к.ф} = \frac{138}{\sqrt{\varepsilon}} . \log . \frac{D}{d} \ (ом),$$

където ε е диелектричната проницаемост на диелектрика, използуван в кабела.

Обикновено вълновото съпротивление на различните марки коаксиални кабели е известно. Когато марката на кабела е неизвестна, вълновото съпротивление на този кабел може да се определи по номограмата на фиг. 295, като предварително трябва да се измерят вътрешният диаметър на външния проводник D и диаметърът на централното жило d.

Отчитането на вълновото съпротивление на средата на скалата става, като съединим с права линия стойностите на измерените диаметри.

Когато не може да се намери коаксиален кабел, правят фидер от електрически шнур, телефонен кабел или обикновен монтажен проводник. Разбира се, използуването на такива фидери е възможно само в райони, разположени близко до телевизионната станция. В таблица 49 са дадени видовете фидери и вълновото им съпротивление.

Коефициентът на полезното действие на фидера при условие, че същият е съгласуван с товара, може да се пресметне по формулата:

$$\eta = e^{-2\beta l},$$

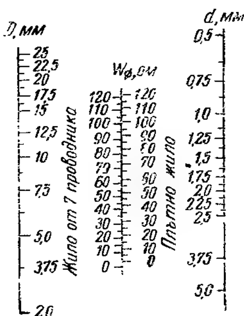
където e е натуралният логаритъм, равен на 2,75;

β — затихването на линията в *неп*;

l — дължината на линията в *м*.

При βl по-малко от 0,2

$$\eta = 1 - 2\beta l.$$



Фиг. 295. Номогрвма за изчисление на вълновото съпротивление на коаксиален кабел

Таблица 49

№	Фидери	Вълново съпротивление (*ом*)
1	Осветителен шнур 2×1 *мм*²	130 - 140
2	Осветителен шнур 2×1,5 *мм*²	135
3	Телефонен кабел с хлорвенилова изолация 2×0,5 *мм*² . . .	140 — 150

ж. Видове телевизионни антени

Най-разпространените прости еднопрограмни антени са симетричният полувълнов вибратор и полувълновият шлейф-вибратор.

Симетричният полувълнов вибратор (фиг. 292) се изработва от железни, месингови, дуралуминиеви и медни тръби и има обща дължина, приблизително половината от дължината на вълната. Към двата дипола в средата се включва фидерът, който свързва антената с телевизионния приемник.

Ако геометричната дължина l на симетричния вибратор е равна на половината от дължината на вълната, същият не е настроен в резонанс. При това входното съпротивление на антената има комплексен характер, като реактивната компонента има индуктивен характер. За да се настрои вибраторът в резонанс, дължината на диполите се скъсява.

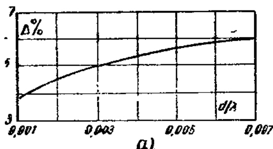
Пресмятането на резонансната дължина на вибратора става по формулата:

$$l = \frac{\lambda_{ср}}{2} \cdot \left(1 - \frac{\Delta\%}{100}\right),$$

където $\lambda_{ср}$ е дължината на вълната, която съответствува на средната честота на телевизионния канал.

$\Delta\%$ — коефициент на скъсяването в %.

На фиг. 296 е даден коефициентът на скъсяването $\Delta\%$ във функция от $d/\lambda_{ср}$. $\Delta\%$ зависи от отношението на диаметъра на тръбата, от която е направен вибраторът, към средната дължина на вълната.



Фиг. 296. Коефициент на скъсяването $\Delta\%$ във функция от $d/\lambda_{ср}$

Пропусканата честотна лента на вибратора зависи от неговия диаметър. Колкото е по-голям диаметърът на вибратора, толкова същият пропуска по-широка честотна лента. Задоволително широка лента може да пропуска вибраторът на каналите от 48,5 до 230 *мгхц*, ако диаметърът на тръбата, от която са направени диполите, е по-голям от 8 *мм*.

Разстоянието *L* между диполите (фиг. 292) трябва да се избира от 50 до 80 *мм*.

Симетричният пълновълнов вибратор се монтира върху металическа или дървена мачта с помощта на изолатори от високочестотна керамика или пластмаса.

Симетричният вибратор се използува за телевизори с несиметричен вход (75 *ом*) и телевизори със симетричен вход (300 *ом*).

Като правило антената трябва да бъде съгласувана с кабела. Външната повърхност на екрана на коаксиалния кабел не трябва да създава потенциална разлика във входа на телевизора. При несъгласувана с кабела антена се намалява нейната ефективност и възниква двойно изображение на екрана на телевизора.

Коаксиалният кабел се съединява с полувълновия вибратор обикновено по схемите, показани на фиг. 297.

В първата схема (фиг. 297 *а*) към двата дипола на вибратора е запоен симетричен четвъртвълнов шлейф, направен от металически тръби. През една от тръбите на шлейфа се прокарва коаксиалният кабел, който се включва към вибраторв по следния начин: оплетката на кабела се запоява към единия дипол на вибратора, а жилото към другия дипол.

Дължината на шлейфа (от вибратора до даващия накъсо проводник) е равна на $\lambda/4$ и се избира съгласно таблица 50.

Диаметърът на тръбите на шлейфа се избира от 10 до 20 *мм*. Входното съпротивление на затворения накъсо шлейф е доста голямо за цялата честотна лента на телевизионните канали, вследствие на което не се нарушава съгласуването между антената и кабела.

Фиг. 297. Схеми на съединяване коаксиалния кабел с полувълновия вибратор

Таблица 50

Телевизионни канали	1	2	3	4	5	6—7	8—9	10—12
Дължина на шлейфа в *мм*	1430	1200	940	850	780	415	380	345

Във втората схема (фиг. 297г) коаксиалният кабел се включва към вибратора посредством колена във формата на U, напълнени от същия кабел, от който е направено снижението. Дължината на U-коляното на вибратора е равна на средната дължина на вълната в кабела за дадения телевизионен канал. Средната дължина на вълната се определя по формулата:

$$\lambda_{ср\,к} = \frac{\lambda_{ср}}{\sqrt{\varepsilon}},$$

където ε е диелектричната константа на материала, от който е направен кабелът.

Кабелът на снижението (антеноотводът) се свърава към U-коляното на разстояние $^1/_4\ \lambda_{ср\,к}$ от единия дипол на симетричния вибратор. Кабелното жило се съединява с жилото на кабела на U-коляното, а оплетката — с оплетката на кабела на U-коляното.

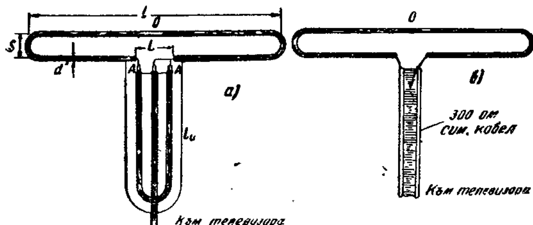
U-коляното се прави от две парчета кабел, като едното има дължина $l_1 = {}^3/_4\ \lambda_{ср\,к}$, а другото $l_2 = {}^1/_4\ \lambda_{ср\,к}$.

Стойностите на l_1 и l_2 за всеки телевизионен канал са дадени в таблица 51.

Таблица 51

Телевизионни канали	1	2	3	4	5	6—7	8—9	10—12
l_1 (*мм*)	2850	2400	1860	1680	1545	840	750	690
l_2 (*мм*)	90	800	620	560	515	280	250	230

Полувълновият шлейф-вибратор (фиг. 298) е друга разновидност на полувълновия вибратор.



Фиг. 298. Полувълнов шлейф-вибратор

Резонансната дължина на шлейф-вибратора се определя по същата формула, каквато е за симетричния вибратор. Еквивалентният диаметър на шлейф-вибратора $d_{екв}$ се пресмята по формулата

$$d_{екв} = \sqrt{2dS},$$

където d е диаметърът на тръбите;

S — разстоянието между осите на тръбите.

След определяне на $d_{екв}$ може да се изчисли отношението $d/\lambda_{ср}$ и по кривата на фиг. 296 да се определи коефициентът на скъсяването.

В таблица 52 са дадени размерите на шлейф-вибратора за дванадесетте телевизионни канала при диаметър на тръбите $d = 10$ до 20 *мм* и разстояние между осите на тръбите $S = 70$ *мм*.

Таблица 52

Телевизионни канали	Дължина на вибратора l в *мм*	Дължина на U-коляното l в *мм*	Телевизионни канали	Дължина на вибратора l в *мм*	Дължина на U-коляното в *мм*
1	2760	1900	5	1510	1030
2	2340	1600	6—7	780	560
3	1790	1240	8—9	710	500
4	1620	1120	10—12	650	460

Настроеният в резонанс шлейф-вибратор има входно съпротивление 292 *ом*.

Електрическите свойства на симетричния вибратор и на шлейф-вибратора са еднакви. Тези две антени имат еднакви насочени хоризонтални диаграми (фиг. 293), както и еднакви вертикални диаграми и коефициенти на усилване.

Ако двата вибратора са направени от тръби с еднакъв диаметър, пропусканата честотна лента на шлейф-вибратора е по-широка.

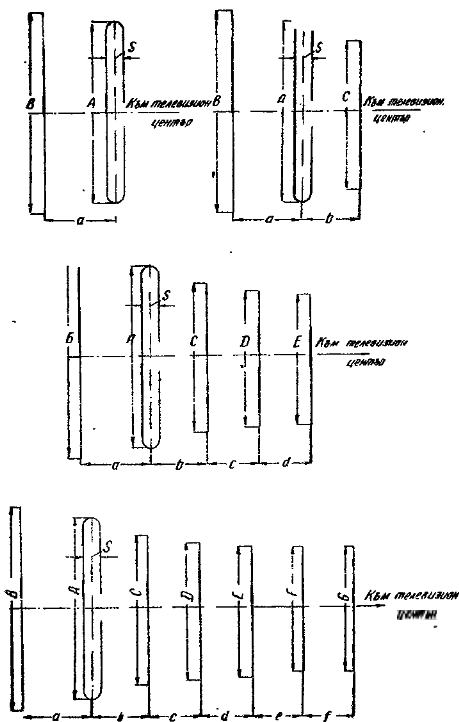
Въпросът за използването на едната или другата антена се решава, като се изхожда само от конструктивни съображения и от наличността на материалите. Така например шлейф-вибраторът много лесно се монтира върху мачтата, но за изработването му са нужни повече тръби.

Полувълновите вибратори се използват за телевизори, намиращи се на разстояние, не по-голямо от 25—35 *км* от телевизионния център.

Външни насочени телевизионни антени. За външни насочени антени в обхвата на УКВ се използват различните типове антени, състоящи се от активен вибратор (линеен или шлейф-вибратор) и пасивни вибратори (рефлектори и директори), разположени върху една стрела. Пасивните вибратори се изработват от тръби, които се закрепват върху стрелата без изолатори.

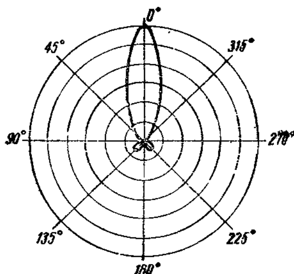
На фиг. 299 са показани три варианта насочени антени.

Пасивните вибратори, разположени зад активния вибратор, се наричат рефлектори, а тези, разположени отпред — директори. Те осигуряват еднонасочени излъчвателни характеристики, когато се поставят на разстояние $\lambda/4$ от активния вибратор. Обикновено рефлекторът се разполага по близо към активния вибратор, за да се увеличи амплитудата на тока в рефлектора. В този случай рефлекторът се прави по-дълъг от $\lambda/2$ за осигуряване нужната фаза на тока в рефлектора и има индуктивен характер.



Фиг. 299. Външни насочени телевизионни антени (скица за разположение на вибраторите)

Директорите се правят по-къси от λ/2 и имат съпротивление с капацитивен характер. На фиг. 300 е дадена хоризонталната диаграма на насочената телевизионна антена.



Фиг. 300. Хоризонтална диаграма на насочена телевизионна антена

Многоелементните антени имат голям коефициент на усилване и тясна пропускана честотна лента.

В табл. № 53 са дадени стойностите на коефициента на усилването в зависимост от броя на пасивните вибратори в антената.

Таблица 53

Брой на пасивните вибратори	1	2	3	4	5	6
Коефициент на усилването	1,3—1,5	1,7—2,0	2,1—2,4	2,5—2,8	2,9—3,2	3,3—3,6

В таблиците 54, 55, 56 и 57 са дадени геометричните размери на многоелементни антени с диаметър на тръбата от 10 до 20 *мм* и разстояние $S = 80$ *мм*, така подбрани, че да се получат задоволителна ширина на пропусканата честотна лента и голям коефициент на усилването.

За активен вибратор в многоелементната антена може да се използува и линеен вибратор, но по конструктивни причини същият не е много удачен. Ако за активен вибратор се използува шлейф-вибратор, то същият, както и пасивните вибратори се укрепват на стрелата без изолатори.

Коефициентът на усилването по напрежение на една двуелементна антена е 1,4; на триелементната — 1,8 ÷ 1,9; на петелементната — 2,7 ÷ 2,8 и на седемелементната — 3,4 ÷ 3,5.

Таблица 54

Геометрични размери на двуелементна приемна антена

Телевизионни канали	Размери в *мм*			Дължина на U-коляното в *мм*	Телевизионни канали	Размери в *мм*			Дължина на U-коляното в *мм*
	A	B	a			A	B	a	
1	2560	3140	900	1900	7	730	890	255	535
2	2180	2680	760	1600	8	700	850	240	515
3	1700	2060	590	1240	9	670	815	230	495
4	1530	1870	535	1120	10	640	785	225	475
5	1400	1710	490	1030	11	620	760	220	455
6	760	930	270	560	12	595	730	215	440

Таблица 55

Геометрически размери на триелементната приемна антена

Телевизионни канали	Размери в *мм*					Дължината на U-коляното в *мм*
	A	B	C	a	в	
1	2760	3350	2340	900	600	1900
2	2340	2840	2000	760	510	1600
3	1790	2200	1550	590	395	1240
4	1620	2000	1400	535	355	1120
5	1510	1830	1290	490	330	1030
6	815	990	690	270	180	560
7	780	950	660	255	170	535
8	745	905	630	240	160	515
9	720	870	610	230	155	495
10	690	840	585	225	150	475
11	665	805	560	220	145	455
12	640	780	545	215	140	440

Таблица 56

Геометрични размери на петелементната приемна антена

Телевизионни канали	Размери в *мм*									Дължина на U-коляното
	A	B	C	D	E	a	b	c	d	
1	2760	3130	2510	2490	2430	1200	730	700	740	1900
2	2340	2650	2130	2100	2060	1030	620	590	625	1600
3	1790	2060	1650	1630	1600	790	460	460	485	1240
4	1620	1870	1500	1485	1450	720	435	420	440	1120
5	1510	1710	1370	1360	1330	660	400	380	400	1030
6	730	840	720	720	700	325	210	500	420	560
7	690	840	680	680	660	310	210	530	365	535
8	680	800	660	660	650	300	210	490	370	515
9	660	760	640	610	610	290	160	450	380	495
10	605	700	610	610	610	260	190	445	315	475
11	580	710	580	580	570	260	190	390	350	455
12	550	680	560	560	530	240	250	385	340	440

Използването на многоелементни антени с остра диаграма на насоченост в градовете е изгодно, тъй като с тях се отстранява двойното изображение на екрана на телевизора.

Таблица 57

Геометрични размери на седемелементната приемна антена

Телевизионни канали	Размери в *мм*													Дължина на U коляното в *мм*
	A	B	C	D	E	F	G	a	b	c	d	e	f f	
6	700	840	695	710	695	685	670	500	295	420	400	265	280	560
7	670	800	660	670	660	650	640	475	280	400	380	250	270	535
8	645	770	640	650	640	625	615	455	270	385	370	245	260	515
9	620	740	615	620	615	600	590	435	260	370	355	235	250	495
10	595	710	585	595	585	575	565	420	250	355	340	225	240	475
11	575	685	570	580	570	560	550	405	240	345	330	220	230	455
12	555	660	550	560	550	540	530	390	230	335	315	210	225	440

Стайни телевизионни антени. Стайните антени е необходимо да отговарят на следните условия: да са удобни за поставянето им в различни положения в стаята, да осигуряват задоволително приемане при изменение на

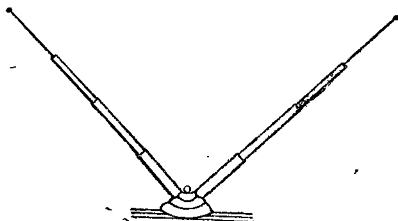
съотношенията на *едс*, получени от хоризонталната и вертикалната съставна на полето, и т. н.

Антени с много по-малки размери от $\lambda/2$ имат малка ефективност, която може да се повиши със стесняване на пропусканата честотна лента.

Стайните телевизионни антени работят с кабели, дълги от 2 до 2,5 *м*. При тази малка дължина на кабела, ако антената не е съгласувана с него, не се влошава забележимо качеството на образа. Поради това в повечето случаи се препоръчва да не се съгласува кабелът с антената.

Изработваните понастоящем различни телевизионни стайни антени в основни линии са сходни по своите технически данни и малко се различават конструктивно.

Дванадесетканалната стайна антена (фиг. 301) се изработва от влизащи една в друга тръби, дължината на които (за половината) при напълно вка-



Фиг. 301. Дванадесетканална стайна телевизионна антена

рани тръби възлиза на 370 *мм*, а при напълно изкарани тръби — 1400 *мм*. При изменение на дължината на тръбите в горепосочените предели антената може да бъде настроена на коя и да е честота от дванадесетте канала. Но размерите на тази антена за I до III канал са много големи, което е много неудобно за използуването ѝ в стая.

Много по-удобна конструкция на антената се получава, като се скъси дължината на двете половинки на вибратора и се включат индуктивни бобини.

Дължината на всяка половина на вибратора след включването на индуктивните бобини при напълно извадени тръби е не повече от 770 *мм*, т. е. почти два пъти по-малка.

Антената се съединява с приемника чрез коаксиален кабел с вълново съпротивление от 50 до 80 *ом*.

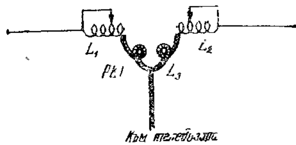
На фиг. 302 е показана схемата на дванадесетканална стайна антена.

Бобината L_3 се прави от същия кабел, от който е направено снижението на антената, като се навива върху картонено тяло с диаметър 25 *мм* и се закрепва с конци.

Бобините L_1 и L_2 имат по 8 навивки и се навиват със стъпка 2 *мм* от проводник 0,8 *мм* върху тяло, изработено от органическо стъкло, текстолит или друг изолационен материал с диаметър 13 *мм*.

Всяка половина на вибратора на антената се състои от три влизащи една в друга месингови, алуминиеви или железни тръби. Диаметърът на найтънката тръба не трябва да бъде по-малък от 6 *мм*.

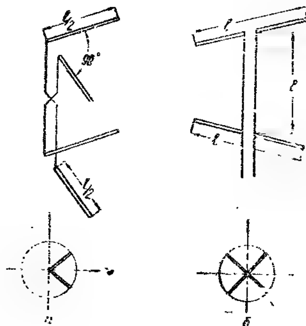
Коефициентът на усилването на такава антена за I и II канал е равен на 0,8, а на останалите — около 1.



Фиг. 302. Схема на дванадесетканална стайна антена

з. Ненасочени УКВ приемни антени

Ненасочените УКВ антени се използват за приемане от предаватели с ЧМ, разположени в различни направления. На фиг. 303 са показани два типа вибратори на антени, които имат насочена характеристика в хоризонталната равнина във вид на кръг.



Фиг. 303. Вибратори на ненасочени УКВ антени

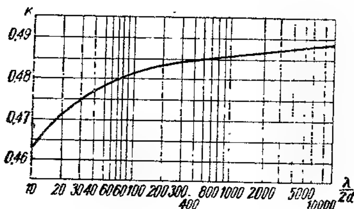
Пресмятането на УКВ антени става по същия начин както на телевизионните антени.

Дължината на рамото на вибратора е около една четвърт от средната вълна на предавателя.

По-точно дължината на вибратора l може да се определи по формулата $l = K\lambda$,

където λ е дължината на средната вълна на предавателя;

K — коефициентът на скъсяването, който може да се определи от графика на фиг. 304 в зависимост от отношението $\lambda/2$ към диаметъра на вибратора d.



Фиг. 304. График за коефициента на скъсяването на полувълновия вибратор

Вибраторите се изработват от медна или алуминиева тръба с диаметър от 1,5 до 25 *мм*.

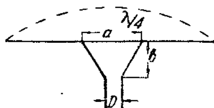
2. Антени за приемно-предавателни любителски радиостанции

а. Слабо насочени приемно-предавателни антени

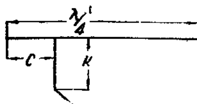
Симетричен вибратор. Най-разпространеният тип антена в радиолюбителската практика е симетричният вибратор (фиг. 305), дължината на всяко рамо на който е равна на 0,25 от дължината на вълната. Практически това условие не се спазва поради наличието на известен капацитет в краищата на проводника. Това изисква да се скъси дължината на полувълновия вибратор. Коефициентът на скъсяването зависи главно от работната дължина на вълната и диаметъра на проводника. За любителските условия дължината на полувълновия вибратор се взема равна на 0,475 λ, а диаметърът на проводника — до 3—4 *мм*. Вместо меден проводник може да се използва въже или биметален проводник.

Полувълновият вибратор се съединява с приемника или предавателя с помощта на съединителна линия. Необходимо е входното съпротивление да бъде равно на вълновото съпротивление на линията, равно на 600—700 *ом*.

При използуване на двупроводна линия същата се съединява с антената, така както е показано на фиг. 305. При използуване на еднопроводна линия антената се свързва съгласно фиг. 306. Общата дължина на вибратора се



Фиг. 305. Симетричен вибратор, съединен с двупроводна линия



Фиг. 306. Симетричен вибратор, съединен с еднопроводна линия

взема 0,475 λ. Основните размери на вибраторите, дадени на фиг. 305 и 306, се определят, както следва:

$$a = 0{,}13\,\lambda$$
$$b = 0{,}05\,\lambda$$
$$D - 75\,d,$$

където d е диаметърът на проводника на линията.

$$C = 0{,}17\,\lambda$$
$$K = 0{,}15\,\lambda,$$

където K е разстоянието, по протежение на което линията трябва да бъде перпендикулярна на антената.

Полувълновият вибратор може да бъде поставен вертикално и хоризонтално.

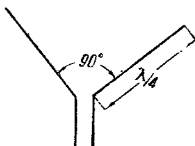
Вертикалният вибратор в хоризонталната равнина има ненасочено действие, т. е. той излъчва еднакво във всички направления. Хоризонталният вибратор има изразена двустранна насоченост.

Вертикалната антена, монтирана на сравнително неголяма височина, осигурява излъчване във вертикалната равнина под ъгъл, много по-малък от този при хоризонталната антена. Това е от голямо значение при реализиране на радиовръзки на големи разстояния.

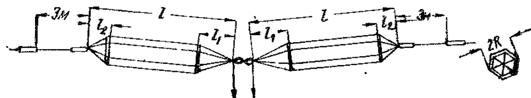
Вертикалната антена, която има ненасочено действие в хоризонталната равнина, е една от най-използуваните от радиолюбителите, за които е необходима проста, лесно изпълнима антена за връзка с всички направления. В по-прост вид тази антена се прави от медна тръба с дължина $l = 0{,}485\,\lambda$; с диаметър от 3 до 5 *мм* и с отвод от тънък проводник или въже с диаметър от 2 до 2,5 *мм*. Точната дължина на антената може да се подбере опитно по максималната стойност на тока в антената, тъй като изчислените данни за влиянието на окръжаващите антената предмети могат да се окажат неверни.

Ъглова антена. Състои се от два дипола, разположени под ъгъл 90° един спрямо друг (фиг. 307). Такава антена в хоризонталната равнина дава равномерно излъчване във всички страни. Във вертикалната равнина диаграмата на насоченост е сходна с тази на полувълновия вибратор.

Диполът на Надененко. Друг тип хоризонтален симетричен вибратор, който работи в относително широк вълнов обхват, е вибраторът на Надененко — с понижено вълново съпротивление. На фиг. 308 е дадено схематично устройството на антената на Надененко.



Фиг. 307. Ъглова антена



Фиг. 308. Схематично устройство на дипола на Надененко

Колкото е по-голям радиусът R на дипола, толкова е по-малко вълновото съпротивление на вибратора и толкова е по-широк работният обхват на антените.

Вълновото съпротивление на вибратора се определя по формулата.

$$W_в = 276\left(log\frac{2l}{R_{екв}} - 0{,}435\right), \text{ в } ом,$$

където l е дължината на рамото на вибратора в *м*;

$R_{екв}$ — еквивалентен радиус на вибратора, пресметнат по формулата.

$$R_{екв} = R\sqrt[n]{\frac{n.r}{R}},$$

където R е радиусът на цилиндричната повърхност в *м*;

n — броят на проводниците;

r — радиусът на проводника в *м*.

Обикновено радиусът R се взема от 0,5—1 *м*, броят на проводниците се приема равен на 6 до 8. При това вълновото съпротивление на антената се получава от порядъка на 250 до 400 *ом*.

За любителските обхвати на 40, 20, 14 и 10 *м* съответно $l = 8$ *м*, $l_1 = 3$ *м*, $l_2 = 1$ *м*, $2R = 1$ *м*. Диаметърът на проводниците — от 1,5 до 3 *мм*.

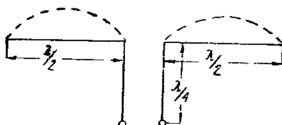
Входното съпротивление на такава антена е приблизително равно на 300 *ом*.

При дипола на Надененко фидерната линия е двупроводна, която трябва да се съедини с антената посредством експоненциална линия с вълново съпротивление от 300 до 600 *ом*. Такава линия трудно се изработва, ето защо диполът на Надененко в радиолюбителската практика не е получил голямо приложение.

Диаграмата на насоченост на дипола е сходна с тази на полувълновия вибратор с единичен проводник.

6. Насочени антени

Антена с два полувълнови вибратора. Най-прост тип насочена антена е тази, състояща се от два полувълнови вибратора (фиг. 309).



Фиг. 309. Антена с два полувълнови вибратора

Както се вижда от фиг. 309, токовете на двете хоризонтални рамена на антената съвпадат по фаза. Максимално излъчване се получава в равнина, перпендикулярна на оста на антената (както обикновеният полувълнов вибратор), но насочената характеристика в дадения случай ще бъде рязко изразена. Вертикалните проводници не излъчват, тъй като в тях токовете са противоположни по посока и еднакви по стойност.

Коефициентът на усилване на такава антена (в сравнение с полувълновия вибратор) е примерно 1,5.

Многоелементни антени. Многоелементните антени могат да се състоят от един активен и няколко пасивни елемента, например един рефлектор и един директор, един рефлектор и два директора и т. н. В радиолюбителската практика повече от 4 елемента не се използуват поради увеличаване размерите на антенната система. За УКВ се използуват много сложни антени. За намаление размерите на антените разстоянието между активните вибратори и рефлектора в любителската практика се взема равно на 0,15 λ, а разстоянието до директора — 0,1 λ.

За осигуряване на необходимата фаза на токовете в пасивните елементи рефлекторът се взема с 5 % по-дълъг от активния елемент, а директорът с 4 % по-къс.

Ориентировъчно дължините на елементите на антената се изчисляват по формулите:

дължината на активния вибратор $l = 0{,}475\,\lambda$;

дължината на рефлектора $l_р = 0{,}499\,\lambda$;

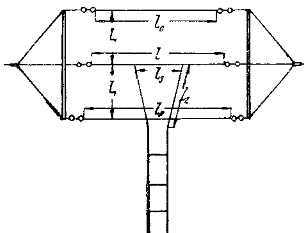
дължината на първия директор $l_{д_1} = 0,456\,\lambda$;

дължината на втория директор $l_{д_2} = 438\,\lambda$;

Триелементната антена (излъчвател, рефлектор и директор) има съпротивление на излъчване около 10 *ом*, а четириелементната 8 *ом*.

Коефициентът на усилване на двуелементната антена достига 3, а на триелементната — 5.

Най-проста конструкция на триелементната неподвижна антена е дадена на фиг. 310, която има рефлектор $L_р$, активен вибратор $L_в$ и директор $L_д$.



Фиг. 310. Триелементна антена

За 20-метровия обхват тази антена има сравнително малки размери. Разстоянието между проводниците на съединителна линия се взема 0,15 *м* при сечение на проводниците на фидера 2 *мм*².

Обикновено това разстояние се определя от формулата

$$D = 75\,d,$$

където D е разстоянието между проводниците на фидера;

d — сечението на проводниците в мм².

Геометричните размери на такава антена за 20-метровия обхват са следните:

$l = 10{,}05$ *м* $\quad l_1 = 2{,}7$

$l_д = 9{,}57$ *м* $\quad l_2 = 3{,}1$

$l_р = 10{,}77$ *м* $\quad l_3 = 2{,}1$

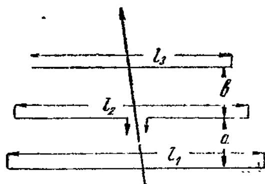
Антенната система се укрепва на две мачти с височина от 10 до 12 *м*, така че зданията, железобетонните конструкции да не пречат на излъчването.

Въртящи се насочени антени. Радиолюбителите провеждат радиовръзки с кореспондентите, които се намират в различни направления. Използването на една антена с остра насочена диаграма при тези условия не е рационално. Правилно решение е използването на антена с управлявана диаграма на излъчване. Тези антени дават възможност да се приема желаната станция с добра слушаемост и осигурява концентриране на излъчената енергия в кое и да е направление.

Изменението на насочната диаграма в любителската практика се извършва посредством механическото завъртане на антената. Разбира се, това може да се осъществява само в 10-, 14- и 20-метровия обхват, когато размерите на антените не са големи.

Широко разпространение са получили въртящите насочени антени с пасивни елементи.

Размери и конструкция на вибраторите. Пресмятането на размерите на вибраторите и разстоянията между тях беше разгледано по-горе. На фиг. 311 е дадена схема на триелементна антена с рефлектор и директор.



Фиг. 311. Схема на триелементна антена

В таблица 58 са посочени размерите на антени, предназначени за работа на любителските обхвати 10, 14 и 20 *м*. При настройването на антената тези размери подлежат на коригиране.

Таблица 58

Обхвати в *м*	Размери в *см*				
	l_1	l_2	l_3	*a*	*b*
10	535	505	490	160	105
14	720	670	655	215	145
20	1070	1010	980	322	215

Вибраторите се изработват от дуралуминиеви, медни или стоманени тръби с диаметър от 8 до 12 *мм*.

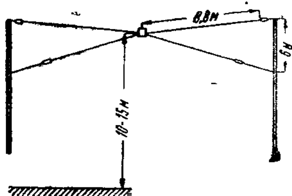
в. Приемни КВ антени

Висококачествените приемни антени до голяма степен подобряват приемането, намаляват индустриалните смущения и повишават избирателността на приемника.

За приемането на къси вълни радиолюбителите обикновено използуват приемна антена с дължина не по-дълга от 10—15 *м* и височина 8—10 *м*. За антени на късовълновите приемници могат да се използуват: Г-образна антена, Т-образна антена, вертикална антена и специални антени.

Антишумова антена. Тези антени радиолюбителите използуват, когато при приемането се наблюдават смущения от автомобили и електроуреди.

Схема на антишумова късовълнова антена за обхвата от 16 до 50 *м* е дадена на фиг. 312.



Фиг. 312. Схема на антишумова антена

Тази антена се състои от два на кръст разположени проводника, намиращи се в една равнина. Снижението се прави от осветителен шнур, но най-добре от гъвкав висококачествен кабел тип РД-16. Тази антена има слабо изразено насочено действие: станциите, които се намират в направление, перпендикулярно на равнината, в която са разположени проводниците на антената, се приемат по-добре, отколкото тези, разположени под ъгъл ± 75° спрямо посочената равнина.

Значително подобрение на приемането се получава при използуването на диполни антени.

Единадесета глава

РАДИОТЕХНИЧЕСКИ ИЗМЕРВАНИЯ

1. Особености на радиотехническите измервания

Радиотехническите апаратури имат свои характерни особености, по които се отличават от електротехническите устройства, като например много висока честота на токовете и напреженията, която може да се изменя в широк обхват; малка стойност на токовете, които често са несинусоидални и се изменят по сложни закони, и т. н. В резултат на тези особености при радиотехническите измервания заедно с величините, които се измерват при електротехническите измервания, като ток, напрежение, съпротивление, честота, се измерват също и други величини, а именно: ку-фактор (Q-фактор), коефициент на модулация, клир-фактор и др., които се явяват като отличителни черти на радиотехническите измервания.

Към радиотехническите измервания се предявяват особени изисквания. В болшинството случаи апаратурата, предназначена за радиоизмерване, трябва да отговаря на следните изисквания:

да осигурява достатъчна точност при измерванията в широк честотен обхват;

да не внася разстройка в резонансните вериги, т. е. да има малък входен капацитет и индуктивност;

да изразходва възможно малка мощност при измерването;

да изисква малко време за подгряване и за самото измерване.

Характерът на радиотехническите измервания е определен от честотния обхват, в който става измерването. При това, ако на звуковите честоти обикновено се измерват токът, напрежението, индуктивността, капацитетът, съпротивлението, то на високите честоти от голямо значение е измерването на честотата, ку-фактора, напрегнатостта на полето, коефициента на бягащата вълна, коефициента на отражението и редица други величини.

При измерването на величините на ниските и високите честоти в различните подобхвати често се използват различни методи. Така например при измерването на съпротивление в обхвата на звуковите честоти обикновено се използва методът на моста, а при свръхвисоките — методът на измервателните линии. Неправилният избор на метода или измервателния уред може чувствително да увеличи грешката при измерването.

2. Грешки при измерванията

Радиотехническите измервания обикновено се оценяват по грешката, която се допуска при измерванията.

В практиката при измерванията различават четири вида грешки:
абсолютна грешка;
действителна относителна грешка;
номинална относителна грешка;
приведена относителна грешка на измервателния уред.

Абсолютна грешка Y се нарича разликата между намерената стойност на измерваната величина A и нейната действителна стойност $A_д$:

$$Y = A - A_д$$

Действителната относителна грешка на измерването се изразява в проценти от действителната стойност на измерваната величина:

$$Y_д = \frac{Y}{A_д} 100\,\%.$$

Номиналната относителна грешка на измерването се изразява в проценти от измерената величина:

$$Y_н = \frac{Y}{A} \cdot 100\,\%$$

Приведената относителна грешка на измервателния уред се изразява в проценти от горния предел на скалното устройство:

$$Y_{пр} = \frac{Y}{A_{пр}} 100\,\%$$

Така например, ако при измерването на напрежението на градската мрежа сме измерили с помощта на волтмер, поставен на обхват 300 *в*, променливо напрежение 220 *в*, което е действително 215 *в*, то абсолютната грешка на това измерване е:

$$Y = A - A_д = 220 - 215 = 5\ в.$$

Действителната относителна грешка на измерването е

$$Y_д = \frac{Y}{A_д} \cdot 100\,\% = \frac{5}{215} \cdot 100\,\% = 2{,}33\,\%.$$

Номиналната относителна грешка на измерването е

$$Y_н = \frac{Y}{A} \cdot 100\,\% = \frac{5}{220} \cdot 100 = 2{,}27\,\%.$$

Приведената относителна грешка на волтмера при това измерване е

$$Y_{пр} = \frac{Y}{A_{пр}} \cdot 100\,\% = \frac{5}{300} \cdot 100 = 1{,}7\,\%.$$

Точността на проведеното измерване до голяма степен зависи от точността на уреда, с който извършваме измерването.

Използването на много точни уреди, ако това е необходимо, е нерационално, като се има предвид, че тези уреди изискват квалифициран персонал и доста много време за самото измерване. Освен това те са много скъпи.

Точността на радиотехническите уреди се характеризира по различни начини и е в зависимост от системата на уредите и измерваните от тях величини.

В съветския стандарт ГОСТ 1845-52 класът на точността на уреда се определя от приведената максимална относителна грешка. Установени са седем класа за точности: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5 и 4,0. Всеки клас съответствува на максимално допустимата за дадения уред приведена относителна грешка в проценти. Така например волтмер клас 2,5 със скала до 300 *в* при измерванията допуска абсолютна грешка $Y = \frac{Y_{пр} A_{пр}}{100\%} = 0{,}025 \cdot 300 = 7{,}5$ *в* независимо от измерваното напрежение. При това, ако се използва началото на скалата на уреда, номиналната грешка може да достигне много голяма величина. Ако например при посочения волтмер напрежението е 20 в, грешката в най-лошия случай достига $Y_н = \frac{Y}{A} \cdot 100\% = \frac{7{,}5}{20} \cdot 100 = 37{,}5\%$ от стойността на измерваното напрежение.

Ето защо правилно е при измерването да се работи с последната трета от скалата на уреда, за да се избягнат големите относителни грешки.

Разбира се, грешката при измерването не ще превъзхожда величината, показана в паспорта на измервателния уред, само в случай, че същият се използва: при нормална за него температура (обикновено $+20°$ С); за честотата, за която той е изчислен; в нормално положение (хоризонтално или вертикално); и при условие, че напрежението на източника за захранване на уреда не се изменя извън границите на допустимите стойности. Обикновено с повишаване на честотата точността на измерването се намалява с изключение при измерването на честота, за която е изчислен уредът, макар и да е в обхвата на високите честоти. Обаче при свръхвисоките честоти точността на тези измервания също се понижава.

В табл. 59, са дадени техническите характеристики и условните обозначения на отделните системи електроизмервателни уреди, а в таблица 60 са дадени техническите характеристики на основните радиоизмервателни уреди, съветско производство.

3. Разширение обхвата на измерването на електроизмервателните уреди

Добавъчните съпротивления в практиката се използват за разширяване обхвата на измерването на волтмерите. При магнетоелектричните уреди е необходимо напрежение от порядъка на 100 *мв*. За измерване на високи напрежения последователно на уреда се включва добавъчно съпротивление.

Добавъчните съпротивления се правят от манганинова или константанова жица.

Таблица 59

Условно означение	Техническа характеристика
	Магнитоелектрична система. Равномерна скала. Уредът се отличава с висока чувствителност и точност. Токът при крайно отклонение не е повече от 10—20 *ма*. Използува се за измерване на постоянен ток
	Електромагнитна система. Неравномерна скала, сбита вляво. Най-малкият ток на пълното отклонение е 10—15 *ма*, вследствие на което вътрешното съпротивление на волтмера не е по-голямо от 50 *ом/в*. Използува се за измерване на постоянен ток и променлив ток 50 *хц*
	Електродинамична система. Неравномерна скала, голяма собствена консумация на мощност. Уредът се отличава с висока точност. Използува се за измерване на постоянен ток и променлив ток 50 *хц*, а също и като еталонен прибор при градуировка
	Термоелектрична система. Неравномерна скала. Уредът се използува за измерване на променлив ток с висока честота
	Детекторна система. Уредът се отличава с висока чувствителност по ток. Скалата е сбита в началото. Използува се за измерване на променлива и звукова честота

Продължение от таблица 59

Условно означение	Техническа характеристика
	Лампова система. Скалата е почти равномерна. Уредът се отличава с незначителна собствена консумация. Използува се в широк обхват на честотите от 1 *хц* до няколкостотин мегахерца
	Електростатична система. Уредът практически няма собствена консумация на мощност. Използува се за измерване на напрежения на маломощни източници за постоянен и променлив ток
(2,5)	Клас за точност 2,5
—	Уредът е предназначен за включване във верига за постоянен ток
~	Уредът е предназначен за включване във верига за променлив ток
	Уредът може да се включи във верига за постоянен и променлив ток
~50	Честота 50 *хц*
2kV	Изолацията е изпитана за 2 *кв*
	Вертикално поставяне на уреда
	Хоризонтално поставяне на уреда

Таблица 60

Технически характеристики на основните уреди за радиоизмервания (съветско производство)

Наименование на уреда	Тип	Обхват на измерваната величина	Грешка в измерването	Допълнителни данни и технически характеристики
Амперволтмер	ТТ-2	I_{-} — 5 подобхвата от 3—750 *ма* $U_{\sim}$ — 5 „ „ 7,5—900 *в* R — 1 *ом* — 2 *мгом*	±2,5 % ±4 % ±10 %	Измерител тип ИТ — 150 *мка* $R_{изх}$ — 1500 *ом* $R_{вх}$ — 5000 *ом/в*
Амперволтмер	АВО-5 м	I_{-} — 7 подобхвата от 60 *мка* — 12 *а* $I_{\sim}$ — 4 „ „ 3 *ма* — 12 *а* $U_{\sim}$ — 7 „ „ 3—600 *в* R — 0,3—300 *ком* и 0—30 *мгом*	±3 % ±5 % ±3 % ±3 %	Измерител тип М24, 50 *мка*
Лампов волтмер	ВКС-7Б	$U_{\sim}$ — 5 подобхвата 1,5—300 *в*, честота 25 *хц* — 100 *мгхц*	±3 %	Входното съпротивление 4 *мгом* при честота 50 *мгхц* спада на 0,3 *мгом*
Лампов волтмер	ЛВ-9-2	$U_{\sim}$ — 10 подобхвата от 10 *мв* — 300 *в*. Честота 25 *хц* — 200 *кхц*	до 50 *кхц* — 2,5 % 50—200 *кхц* — ±10 %	Входното съпротивление при честота 1000 *хц* е 500 *ком*
Генератор на стандартни сигнали	ГСС-6	100 *кхц* — 25 *мгхц*	±1 %	Изходно съпротивление 40 *ом* Изходно напрежение 0,1 *мкв* — 1 *в* Вътрешна модулация F = 400 *хц*
Сигнал-генератор	СГ-1	13—330 *мгхц*	±2 %	Изходно съпротивление 100 *ом* Изходно напрежение 4 *мкв* — 20 *мв* Вътрешна модулация F = 1000 *хц*

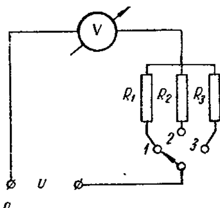
Продължение от таблица 60

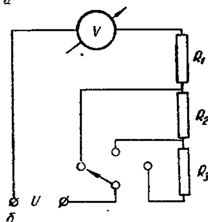
Наименование на прибора	Тип	Обхват на измерваната величина	Грешка в измерването	Допълнителни данни и технически характеристики
Кварцов калибратор	КК-6	125 *кхц* — 20 *мгхц*	±0,01 %	Основни честоти 125 и 1250 *кхц* Батерийно захранване
Звуков генератор	ЗГ-10	3 подобхвата 20 *хц* — 20 *кхц*	±2 % ±1 *хц*	Изходна мощност 5 *вт* Максимално изходно напрежение 150 *в* Изходен делител за 110 *дб*
Генератор на звукова и ултразвукова честота	ЗГ-11	4 подобхвата 20 *хц* — 200 *кхц*	±1 %	Изходно напрежение на товара 200 *ом*, не по-малко от 1 *в* Изходен делител за 120 *дб*
Измерител на честота	ИЧ-6	15—200000 *хц*	±2 %	Входно напрежение от 0,5 до 20 *в*
Електронен осцилограф	ЭО-6М	10 *хц* — 3 *мгхц* Продължителност на импулса 1 *мксек* — 250 *мксек*	—3 *дб*	Чувствителност на входа: Y — 24 *мм/в*; X — 30 *мм/в*
Измерител на Q-фактор	КВ-1	25—625	±5 ÷ 10 %	Честотен обхват на генератора от 50 *кхц* до 40 *мгхц*
Измерител на Q-фактор	УК-1	80—1200	±10 %	Честотен обхват на генератора 30—200 *мгхц*
Универсален мост	УМ-2	*L* — 10 *мкхн* — 10 *хн* *C* — 10 *пф* — 100 *мкф* *R* — 0,1 *ом* — 1 *мгом*	1 ÷ 5 % 1 ÷ 3 % 1 ÷ 5 %	Захранване на моста: *R* — от изправителя *L* и *C* — от генератора 1000 *хц*
Нискочестотен измерител	НИЕ-1	10 *пф* — 100 *мкф*	5 ÷ 10 %	Честота на измерването 5—7 *кхц* и 50 *хц*
Широкообхватен оммер	М-218	0,1 *ом* — 10 *мгом*	±1,5÷2,5 %	

Стойността на добавъчното съпротивление, включено към волтмера, се определя по формулата:

$$R_{доб} = R_{ур}\left(\frac{U_{макс}}{U_0} - 1\right),$$

където $R_{ур}$ е вътрешното съпротивление на уреда;
$U_{макс}$ — максималната стойност на измерваното напрежение, измерена с добавъчно съпротивление;
U_0 — най-голямата стойност на напрежението, измерена от уреда без добавъчно съпротивление.





Фиг. 313
а и б — схеми на многообхватни волтмери

Пример: $R_{ур} = 1000\ ом$; $U_0 = 10\ в$;

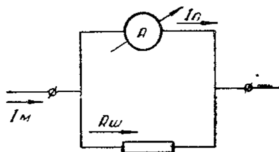
$U_{макс} = 300\ в$;

$$R_{доб} = 1000\left(\frac{300}{10} - 1\right) = 29\,000\ ом.$$

Добавъчното съпротивление може да се определи по формулата:

$$R_{доб} = \frac{1000 \cdot U_{макс}}{I_п} - R_{вът},$$

където $I_п$ е токът при пълното отклонение на стрелката на уреда в ма;
$R_{вът}$ — вътрешното съпротивление на волтмера.



Фиг. 314. Схема за включване на шунт към ампермер

Пример: $R_{вът} = 100\ ом$; $I_п = 1\ ма$; $U_{макс} = 30\ в$;

$$R_{доб} = \frac{1000 \cdot 30}{2} - 100 = 14\,900\ ом.$$

С включването на добавъчни съпротивления се получават многообхватни волтмери, схемите на които са показани на фиг. 313 а и б.

При измерването на токовете за разширение обхвата на измерването паралелно на уреда се включват съпротивления ($R_ш$), наречени шунтове, чиито

стойности се избират в зависимост от вътрешното съпротивление на уреда $R_{вът}$ и новия обхват на измерването.

За сметка на шунта (фиг. 314) се намалява токът, който тече през уреда. Съпротивлението на шунта се определя по формулата:

$$R_{ш} = R_{вът} \frac{I_{п}}{I_{макс} - I_{п}},$$

където $I_{п}$ е токът на пълното отклонение на стрелката на уреда без шунта;

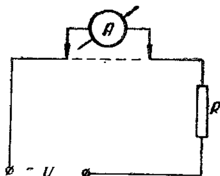
$I_{макс}$ — най-голямата стойност на тока, която трябва да бъде измерена с шунт.

Пример: $R_{вът} = 20$ *ом*; $I_{п} = 10$ *ма*; $I_{макс} = 100$ *ма*;

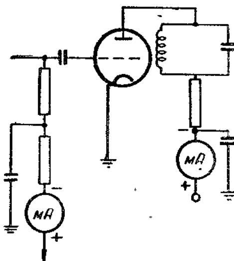
$$R_{ш} = 20 \frac{10}{100 - 10} = 2{,}2 \text{ ом}.$$

4. Измерване на ток и напрежение

Измерване на ток. Принципите за измерване на токовете и напреженията са еднакви за постоянния и променливия ток с ниска и висока честота. Но при измерването на звукови и високи честоти е необходимо да се вземат под внимание и грешките, получени в резултат на внесените при измерването собствени капацитети на измервателните вериги.



Фиг. 315. Схема за измерване на постоянен ток

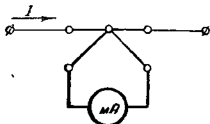


Фиг. 316. Схема за измерване на токовете във веригите на електронните лампи

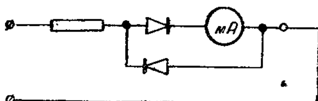
За измерването на постоянен ток се използуват изключително магнитоелектрични уреди — ампермери, милиампермери, микроампермери и галванометри. Измервателният уред се включва последователно на товара в кое да е място на схемата (фиг. 315). При измерването на токове във веригите на електронните лампи милиампермерите и ампермерите се шунтират с капацитети, за да не протича променливата съставна през тях (фиг. 316).

За измерване на ток с честота 50 *хц* се използуват магнетоелектрични и електромагнетични уреди. Те се използуват за измерване на токовете в отоплителните вериги на лампите, както и токовете в силовите трансформатори.

За измерване на променливи токове от 50 *хц* до високите радиочестоти се използуват термоелектрични уреди. На фиг. 317 е дадена схема с термоелектрични ампермери.

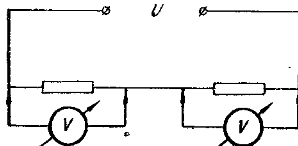


Фиг. 317. Схема за измерване токове с честота от 50 *хц* до високи честоти



Фиг. 318. Схема за измерване на ток с висока честота

За измерването на токове с висока честота се използуват детекторни уреди, работещи с кристални изправители (фиг. 318).



Фиг. 319. Схема за измерване на напрежение

Измерване на напрежение. Волтмерът се включва паралелно на товарното съпротивление (фиг. 319).

Измерването на напрежението е по същество измерване на тока, който се явява мярка за напрежението, установено между двете точки, към които е включен волтмерът.

Най-често употребяваните волтмери се подразделят на следните групи: магнитоелектрични, електромагнитни, електродинамични и термични. Скалата на волтмера се градуира във волтове.

Електростатичните и ламповите волтмери реагират непосредствено на напрежение, а не на ток.

При измерване на променливо напрежение, в което се съдържа и постоянна съставна, волтмерът за променлив ток се включва към две точки във веригата през кондензатор. В този случай реактивното съпротивление на кондензатора X_c трябва да бъде много по-малко от съпротивлението на уреда (с добавъчното съпротивление), т. е.

$$X_c \ll R_{ур}, \text{ където } X_c = \frac{10^6}{2\pi f C}; \; f \text{ е в } хц, \text{ а } C \text{ в } мкф.$$

Пример: $f = 3000$ *хц*; $R_{ур} = 200\,000$ *ом*; $C = 0{,}1$ *мкф*;

$$X_c = \frac{10^6}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 3000 \cdot 0{,}1} \approx 530 \text{ ом}$$

$$530 \text{ ом} \ll 200\,000 \text{ ом}$$

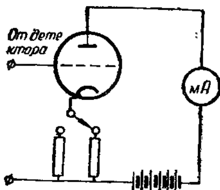
Нискоомният волтмер може да се използува за измерване на напрежения в нискоомни участъци на схемата. За измерване на напрежения във високоомни участъци се използуват волтмери с голямо вътрешно съпротивление (над 5000 *ом/в*).

Измерването на напрежението на електроннолъчевата тръба е необходимо да става с електростатичен волтмер.

За измерване на напрежения на радиочестоти много често използуват лампови волтмери с горна честота около 50 *мгхц*.

Ламповите волтмери съдържат в себе си: детектор, усилвател на постоянен ток и магнитоелектричен ампермер.

На фиг. 320 е дадена схемата на лампов волтмер с усилвател на постоянен ток.



Фиг. 320. Схема на лампов волтметър с усилвател на постоянен ток

Стойността на измерваното напрежение, което се подава в решетката на лампата на волтмера, се определя косвено по изменението на анодния ток на лампата, което настъпва в резултат на подаденото преднапрежение. При някои схеми това напрежение предварително се изправя с помощта на диод. При измерването на постоянно напрежение инструментът има високо входно съпротивление — от порядъка на 10 *мгом*, което не зависи от обхватите на измерването. При измерване на променливи напрежения ламповият волтмер има също така високо входно съпротивление даже при високи честоти до 100 *мгхц*.

Входното съпротивление $R_{вх}$ при измерването на постоянен ток е равно на съпротивлението между входните точки, където се включва волтмерът. Обикновено на входа на ламповия волтмер се включва делител на напрежение с общо съпротивление $\geqq 10$ *мгом*.

5. Измерване на мощност

При радиотехническите измервания на мощност се използуват специални методи и инструменти, които практически не се използуват при електротехническите измервания.

Най-разпространеният начин за измерване на мощността е чрез измерването на тока и напрежението.

Мощността се определя по формулата:

$$P\,(вт) = I\,(а) \cdot U\,(в)$$

При известно съпротивление на товара мощността се определя по отчетения ток

$$P(вт) = I^2(а) \cdot R(ом).$$

или по измереното напрежение:

$$P(вт) = \frac{U^2(в)}{R(ом)}$$

Пример: $I = 500$ *ма*; $U = 220$ *в*; $P = 110$ *вт*,
$I = 50$ *ма*; $R = 500$ *ом*; $P = 1{,}25$ *вт*,
$U = 220$ *в*; $R = 1000$ *ом*; $P = 48{,}4$ *вт*.

Ватмерите са уреди, които позволяват едновременно да се измерват токът и напрежението. При тях стрелката направо отчита измерената мощност.

Ватмерите за радиотехнически измервания се разделят на два типа: проходни и поглъщащи.

Проходните ватмери се включват направо към линията, по която се пренася енергията от източника към товара, и измерват мощността.

Поглъщащите ватмери се включват вместо товар и при измерването поглъщат цялата мощност, която се пренася към товара.

Понякога за измерване на мощности на високочестотни синусоидални трептения се използуват волтмери или ампермери, като мощността се определя по тока или напрежението, а именно: $P = \frac{U^2_{макс}}{2R} = \frac{I^2_{макс} \cdot R}{2}$, където R е товарното съпротивление.

За измерване на напрежението се използуват лампови волтмери, а за измерване на тока — термоелектрични ампермери.

При измерването на мощности посредством отчитане на напрежението се получава точност на измерванията от 7 до 10 %, за обхвата от 60 *мвт* до 150 *вт* и до 1000 *хц*. При измерването на мощности посредством отчитане на тока се осигурява точност на измерването от порядъка на 10 до 15 %, за обхвата от 10 *мвт* до 300 *вт* и до 1000 *хц*.

Пример: $U_{макс} = 0{,}5$ *а*; $R = 125$ *ом*;

$$P = \frac{0{,}5^2}{2 \cdot 125} = \frac{0{,}250}{250} = 0{,}001 \ вт = 1 \ мвт$$

При измерване на мощности на синусоидални високочестотни трептения, имащи импулсен характер, се измерва средната мощност $P_{ср}$, от която може да се определи импулсната мощност $P_{им}$, ако е известна формата на импулса. Така например за правоъгълен импулс

$$P_{им} = \frac{1}{fT} \cdot P_{ср},$$

където

f е честотата на трептенето на импулса в *хц*;
T — продължителността на всеки импулс в *сек*.

6. Измерване на съпротивления

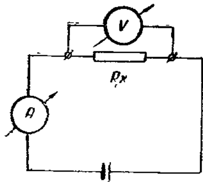
Метод на волтмера и ампермера. За получаване на достатъчна точност при измерването трябва вътрешното съпротивление на волтмера да бъде многоно-голямо от измерваното съпротивление R_x.

По волтмера и ампермера се отчита падението на напрежението върху измерваното съпротивление R_x и силата на тока, който протича през това съпротивление.

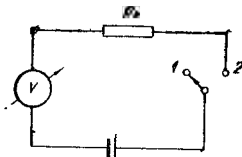
Стойността на R_x (фиг. 321) се определя по формулата:

$$R_x\,(ом) = \frac{U\,(в)}{I\,(а)}$$

Метод на волтмера. Необходими условия за измерване на съпротивленията по този метод са: да се знае вътрешното съпротивление на волтмера



Фиг. 321. Схема за измерване на съпротивление с ампермер и волтмер



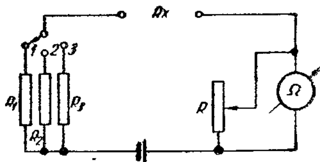
Фиг. 322. Схема за измерване на съпротивление с волтмер

$R_{вът}$ и най-голямата стойност на измерваното съпротивление R_x да бъде по-малка от $10 \div 15\ R_{вът}$.

Правят се две отчитания. Първото — за U_0 при положение на превключвателя в положение *1* и второ отчитане за U_x при положение *2*.

Стойността на R_x (фиг. 322) се определя по формулата:

$$R_x = R_{вът} \cdot \frac{U_0 - U_x}{U_x}\ .$$



Фиг. 323. Схема на оммер — последователно включване

Оммери. Непосредствено по скалата на оммера се отчита стойността на измерваното съпротивление. На фиг. 323 е дадена схемата на оммер с последователно включване. Първоначално се поставя стрелката на нулево положе-

ние посредством даване на късо клемите на R_x и регулиране чрез съпротивлението R.

Скалата в омове е неравномерна. Тя е разширена в началото и силно сбита в областта на големите стойности на съпротивленията R_x.

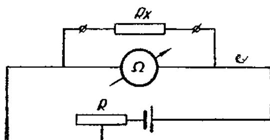
Градуировката на скалата на омметра може да се извърши, като се ползуваме от формулата:

$$R_x = R_0 \cdot \frac{I_0 - I_x}{I_x}, \text{ а } R_0 = R_д + \frac{R_{вът} \cdot R}{R_{вът} + R},$$

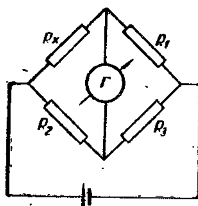
където I_0 е токът при дадено на късо съпротивлението R_x;
I_x — токът при включено съпротивлението R_x;
$R_{вът}$ — вътрешното съпротивление на уреда.

Обхватът на измерването е от 1 до 10^5 *ом*.

На фиг. 324 е показана схемата на омметър с паралелно включване, която се използува за измерване на малки съпротивления (от 1 до няколкостотин ома).



Фиг. 324. Схема на омметър — паралелно включване



Фиг. 325. Схема на мост за измерване на съпротивления

При откачено R_x се изменя съпротивлението R, докато стрелката на милиампермера застане на крайно положение, съответствуващо на стрелката на омметра за $R = \infty$. За получаване на достатъчна точност е необходимо $R \geq R_{вът}$.

Стойността на R_x се отчита направо по скалата, градуирана в омове.

Градуирането на скалата може да стане, като се ползуваме от формулата:

$R_x = R_{вът} \cdot \frac{I_x}{I_0 - I_x}$, където I_0 е токът на пълното отклонение на уреда.

Точността на измерванията с омметър е около $\pm 10\%$.

Мостове. Обхватът на измерванията с моста (фиг. 325) се определя от стойностите на съпротивленията R_1, R_2 и R_3 и от чувствителността на галванометъра. R_x се определя по формулата:

$$R_x = R_1 \frac{R_2}{R_3}$$

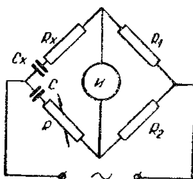
При дадено отношение $\frac{R_2}{R_3}$, R_x се определя от R_1.

Тук R_1, R_2 и R_3 са съпротивленията, при които се получава балансът на моста.

7. Измерване на капацитети

Измерването на капацитети се извършва с помощта на мост, захранван от променлив ток с честота от 400 до 1000 *хц*.

На фиг. 326 е дадена схемата на моста за измерване на капацитети. При баланс на моста $C_x \quad C \cdot \frac{R_2}{R_1}$ и $R_x = R \cdot \frac{R_1}{R_2}$,



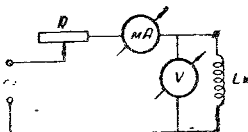
Фиг. 326. Схема на мост за измерване на капацитет

където R_1 и R_2 са постоянни активни съпротивления, а

R е променливото съпротивление, компенсиращо фазовото изместване на C_x. При минимум на тока (през индикатора *И*) се получава баланс на моста.

8. Измерване на индуктивности

Метод на волтмера и ампермера. Този метод се използува при измерването на големи индуктивности, като тези на навивките на трансформатори и дросели с железни сърца при честота 50 *хц*.



Фиг. 327. Схема за измерване на индуктивности

На фиг. 327 е показана схемата на моста за измерване на индуктивността L_x.

Променливият ток с честота 50 *хц* се регулира със съпротивлението R и се отчита по милиампермера.

В същото време волтмерът V измерва падението иа напрежението върху бобииата L_x. Добре е да се използува лампов волтмер.

При $r \ll X_L$ на бобииата, $L_x\,(хн) = \dfrac{U\,(в)}{6{,}28\,.\,f\,(хц)\,.\,I\,(а)}$;

при $r \approx X_L$ иа бобииата, $L_x\,(хн) = \dfrac{\sqrt{\dfrac{U\,(в)}{I\,(а)} - r^2(ом)}}{6{,}28\,f\,(хц)}$.

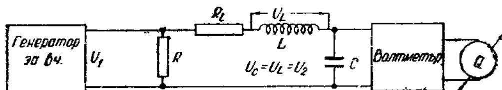
9. Измерване на Q-фактора на трептящите кръгове

Измерването иа Q-фактора на трептящия кръг може да се извърши, като се използува иеговата резонаисна крива, васнета с помощта на сигнал-генераторв и ламповия волтмер.

За пресмятане иа качествеиия фактор необходимо е да се определят резонансната честота на трептящия кръг $f_{рез}$ и честотите f_1 и f_2, рнзположени от двете страни на резонансната крива, при която напрежението на кръга е равно на 0,7 от стойността на иапрежението прн резонанс:

$$Q = \frac{f_{рез}}{f_2 - f_1}$$

Q-метри (ку-метри). Често в радиолюбителската прaктика се налага да се измери Q-факторът иа бобииите, изработени при местни и заводски условия. Уредите, с които се измерва Q-факторът, се иаричат *ку-метри*. Работата на тези уреди се основава на следния принцип. При подаване иа съпротивлението R напрежение U_1 (фиг. 328) с честота $\omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$ (резоиансната



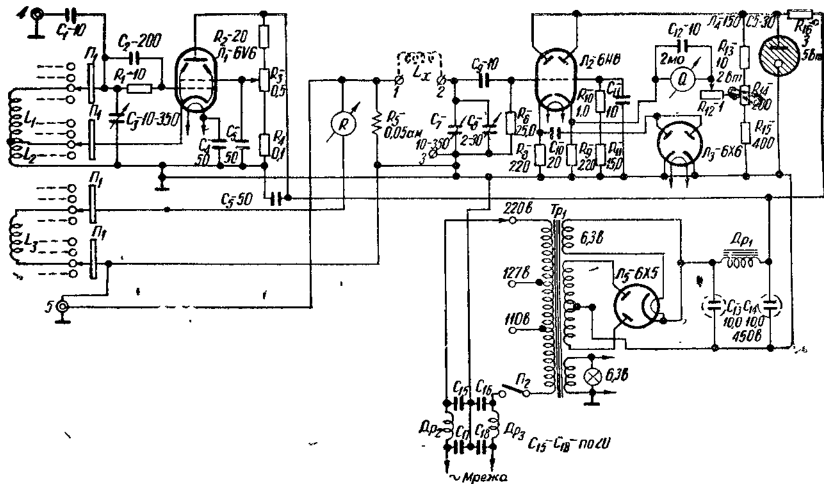
Фиг. 328. Блокова схема иа ку-метър

честота иа кръга LC) върху конденэатора C и бобииата L се устаиовява равно по стойност напрежение U_2, което е Q пъти по-голямо от U_1.

Под влияние на иапрежението U_1 протича токът $I = \dfrac{U_1}{R_L + R}$, където R_L е активното съпротивление иа L при честота ω_0.

При резонаис $\omega_0 L = \dfrac{1}{\omega_0 C}$.

Ако се умножат двете части на равеиството с I, се получава: $I\omega_0 L = \dfrac{I}{\omega_0 C} = U_2$, което е напрежеиието, възникващо на коидеизатора или бобииата.



Фиг. 329. Принципна схема на ку-метър

Определяме отношението U_2/U_1, при $U_1 = I(R_L + R)$ и $U_2 = I\omega L$.

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I\omega L}{I(R_L + R)} = \frac{\omega L}{R_L + R}.\ \text{Ако}\ R \ll R_L,\ \text{то:}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{\omega L}{R_L},\ \text{но тъй като}\ \frac{\omega L}{R_L} = Q,\ \text{следователно}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = Q\ \text{или}\ U_2 = U_1 Q.$$

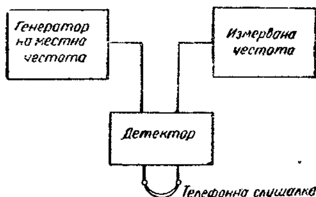
Това значи, че ако от генератор за висока честота подадем на съпротивлението R (при условие, че $R_L \gg R$) определено и постоянно по амплитуда напрежение U_1, то скалата на волтмера, по която се отчита измереното напрежение върху кондензатора C, може да се градуира направо в единици на Q.

На фиг. 329 е дадена принципната схема на ку-метър.

10. Измерване на честотата

Хетеродинни вълномери. За измерване на високи честоти в широк обхват се използуват хетеродинните вълномери.

Хетеродинният вълномер съдържа генератор на високочестотни трептения с висока стабилност и плавна настройка, детектор или смесител, в който се



Фиг. 330. Блокова схема за измерване на честотата по метода на биене

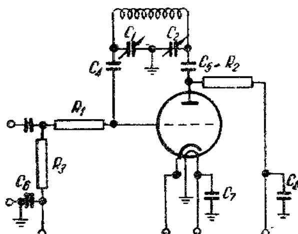
получава биене между местната и измерваната честота и усилвател на ниска честота, в който се усилват трептенията, получени от детектора. В някои типове хетеродинни вълномери се използува кварцов генератор, на който (преди измерването) се прави градуировка на генератора за местната честота с плавна настройка.

Ако на детектора (фиг. 330) се подават две трептения с честоти f_1 и f_2, то на изхода ще се появи разликата в честотите $F = f_2 - f_1$ или $F_1 = f_1 - f_2$.

Ако f_1 (честотата на местния генератор) и f_2 (измерваната честота) са близки по стойности, то разликата в честотите F ще може да се чува в телефонната слушалка. Изравняването на генераторната и измерваната честота се уста-

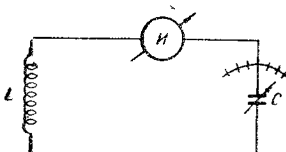
новява по нулевото биене ($F = 0$). Методът на нулевото биене дава много висока точност. За индикатори обикновено се използват телефонни слушалки.

Резонансни вълномери. Всеки резонансен кръг, който се настройва със стабилно настройващи се елементи, може да се използува за измерване на честоти. Резонансните вълномери работят на този принцип и представляват



Фиг. 331. Схема на резонансен вълномер

обикновен пренастройващ се трептящ кръг, който работи с точност 0,1 % при отчитане на честотата. За индикатор на резонанса се използува термоелектричен ампермер, включен последователно на кръга, или пък неонова лампа, включена паралелно на кръга. На фиг. 331 е показана схемата на резонансен вълномер.



Фиг. 332. Схема на резонансен вълномер с индикатор на тока

При пасивните методи за измерване на честотата не се използува хетеродин. Трептящият кръг се настройва по максимума на тока в индикатора (фиг. 332).

За да може вълномерът да работи в широк честотен обхват, същият се осигурява с комплект бобини, които съответствуват на различните честотни

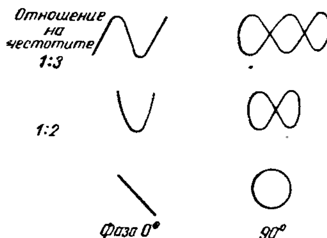
подобхватн. Променливият кондензатор *C* служи за настройване на вълномера на измерваната честота. Всяка стойност на кондензатора, отчетена по скалата, съответствува на определена честота, на която е настроен кръгът на вълномера.

В хетеродинния измерител на резонанса (фиг. 331) се използува въздействието на кръга, настроен в резонанс на генератора, на който се измерва честотата. Това въздействие се изразява в намаление на решетъчния ток при настройката на кръга в резонанс.

С хетеродинния измерител на резонанса може да се определи честотата на настройката на трептящия кръг, както и да се правят резонансни измервания.

Измерване с хетеродинни вълномери. В хетеродинните вълномери се прилага методът на акустическите биения, получени в резултат на взаимодействието на измерваната f_2 и местната f_1 честота (фиг. 330).

При положение, че генераторът на местната честота е точно настроен на измерваната честота, силата на звука в телефонните слушалки сравнително много бързо спада или нараства. Точността при измерването на честотата може да достигне до няколко херца. Обикновено точността на настройката се ограничава от нестабилността на местната честота и измерването. Ако амплитудата на измерваната честота се рязко различава от тази на местната — силата на звука в телефонната слушалка се изменя сравнително малко и отчитането на честотата се затруднява. Правилно е преди започване на измерването да се получат близки по големина амплитуди на двете честоти.



Фиг. 333. Фигури на Лисажу

Човешкото ухо чува звукове с честота, не по-ниска от 16—20 херца. Ето защо, ако местната честота се различава от измерваната с по-малко от 16—20 *хц*, в телефонната слушалка не се чува звук.

За да се настрои местният генератор по-точно на измерваната честота, на мястото на телефонната слушалка се включва галванометър, стрелката на който ще извършва трептения, равни на биенията. Когато местната честота се изравни с измерваната, стрелката на уреда спира да трепти.

Измерване на звукови честоти с осцилограф. С осцилограф може да се измери честотата на даден генератор, като се сравнява неговата собствена честота с предварително известната честота на друг генератор. Измерването става по следния начин: напрежението на измерваната честота се подава на вертикалния вход на осцилографа, а напрежението с известната честота — на хоризонталния вход.

При еднакви стойности или кратност на измерваните честоти на екрана на осцилографа се появяват фигурите на Лисажу, по които може да се определи измерваната честота. На фиг. 333 са показани няколко фигури на Лисажу и съотношенията за определяне на неизвестната честота.

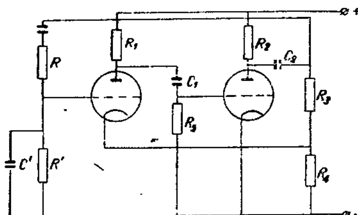
11. Измервателни генератори

Нискочестотни генератори (тонгенератори). За захранване на измервателни устройства при измерване на честоти, индуктивности, капацитети, както и за измерване техническите показатели на НЧ усилватели и НЧ стъпало на приемниците се използуват НЧ генератори. От тях се изисква голяма стабилност на честотата, която не трябва да се нарушава при продължителна работа на генератора. Коефициентът на нелинейните им изкривявания (клирфакторът) не трябва да превишава 1—2 %, а в някои случаи трябва да бъде и по-нисък от 0,1—0,2 %.

Нискочестотните генератори се правят с пълно регулиране на честотата в обхвата от 30 *хц* до 20 *кхц*. В редица случаи те работят на фиксирана честота. Изходящата мощност на НЧ генератори обикновено е от 0,5 до 2 *вт*.

За радиотехнически измервания обикновено се използуват ламповите генератори, които работят или на фиксирана честота, или с плавно регулиране на честотата.

Ламповите НЧ генератори се делят на: *RC* генератори, честотата на които се определя от съпротивленията и капацитетите във веригите; *LC* генератори,



Фиг. 334. Схема на лампов генератор тип *RC*, изпълнен по мостова схема

честотата на които се определя от индуктивностите и капацитетите на кръговете; генератори на биения, честотата на които се определя от честотата на трептенията, между които възниква биенето.

Най-голямо разпространение са получили *RC* генераторите. Същите имат много проста конструкция и могат сравнително лесно да се изработят.

На фиг. 334 е дадена схемата на лампов генератор тип *RC*. При тази схема, ако $C = C'$ и $R = R'$, честотата ще бъде:

$$F = \frac{1}{2\pi RC}.$$

За стабилизиране на честотата на *RC* генератора се използуват различни методи. Един от тези методи е включването в анодната верига на лампата на съпротивление (R_1 и R_2) със стойност, много по-голяма от вътрешното съпро-

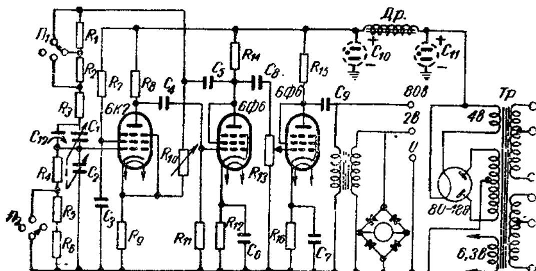
тивление на лампата. Друг метод за осигуряване на стабилни и със синусоидална форма трептения е използването на отрицателна обратна връзка.

Преимуществата на *RC* генераторите пред генераторите на биения са: голямото препокриване на обхвата (до 10 : 1), формата на трептенията са чисто синусоидални, честотата на трептенията е много стабилна и амплитудата на трептенията е постоянна в широк честотен обхват.

В генераторите от типа *LC*, работещи на фиксирана честота, се използува камертонна стабилизация, която позволява да се получи стабилност на честотата до 0,5 %, а при поддържане на постоянна температура и стабилно захранващо напрежение — до 0,1 %. Може да се използува също така и кварцова стабилизация.

Ламповите НЧ генератори от типа *LC* нямат широко приложение, тъй като такива генератори, които работят в широк НЧ обхват, са конструктивно много големи.

Освен генераторите от типа *RC* широко се използуват в практиката и НЧ генератори, които работят на принципа на биенията.



Фиг. 335. Принципна схема на *RC* генератор

На фиг. 335 е показана схемата на *RC* генератор, използуван в любителската практика. Този генератор има плавно регулиране на честотата в обхвата от 30 до 12 000 *хц*, разделен на три подобхвата: от 25—250 *хц*; 200—2000 *хц* и 1200 до 12 000 *хц*. Изходящата му мощност е от 0,1 ÷ 0,2 *вт*. Изходящото напрежение се изменя от 0 до 2 *в* и от 0 до 30 *в*. Тази схема е много проста и малко се отличава от усилвателите на съпротивления. Плавното изменение на честотата се извършва с променливите кондензатори C_1 и C_2. В схемата е въведена отрицателна обратна връзка, реализирана посредством съпротивленията R_9 и R_{10}. Третата лампа е усилвател на мощност и се използува за отстраняване влиянието на товара върху честотата на НЧ трептения.

Високоволтовият изход (до 80—100 *в*) се използува за подаване трептенията на катодния осцилограф. В този случай може да не се използува усилвател в

самия осцилограф, с което се избягват допълнителни изкривявания. Нисковолтовият изход (до 2 *в*) се използува за подаване на трептенията на входа на измерваната апаратура. Паралелно на вторичната навивка на изходния трансформатор се включва волтмер, който служи за индикатор на изходящото напрежение.

Широколентови генератори. Използуват се за настройка на широколентови усилватели, в това число и на видеоусилвателите. Тези генератори произвеждат честоти от най-ниските (50—100 *хц*) до най-високите (5—6 *мгхц*).

По принцип на работата те по нищо не се различават от нискочестотните генератори, работещи по принципа на биенията.

Ако не се разполага с широколентови генератори, може да се използуват два генератора, единият от които тон-генератор, а другият сигнал-генератор.

Сигнал-генератори и генератори за стандартни сигнали. Използуваните високочестотни генератори (сигнал-генератори) при радиотехническите измервания имат висока стабилност на честотата.

Сигнал-генераторите се използуват главно за настройка и измерване на техническите показатели на радиостанциите, телевизорите, високочестотните усилватели, трептящите кръгове и други.

На фиг. 336 е дадена схема на универсален сигнал-генератор, който може да се изработи от радиолюбителите. Генераторът работи с лампа *EF*14, има обхват от 76 *кхц* до 33 *мгхц*, разделен на 6 подобхвата: от 76 до 240 *кхц*; от 210 до 620 *кхц*; от 570 до 1650 *кхц*; от 1500 до 4600 *кхц*; от 4 до 16 *мгхц* и от 12 до 33 *мгхц*. Този обхват се препокрива с помощта на шест бобини от $L_1 \div L_6$, които образуват с променливия кондензатор *C* трептящ кръг. Буферното стъпало е изпълнено с лампа 6Л7. В него се осъществява модулацията с НЧ трептения, които се подават от НЧ генератор, изпълнен с лампа 6SC5. Катодният волтмер работи с лампа 6Ж7. НЧ генератор е изпълнен с лампа 6SC5 и дава три фиксирани честоти — 200, 600 и 2000 *хц*. Кварцовият генератор работи с лампа 6Ж7 и има гнезда за включване на сменяемите кварцови кристали. Модулацията на генератора е анодна. Този генератор се използува за градуиране и калибриране на основния генератор, а също като източник за фиксирани честоти за настройка на междинната честота на приемниците и други устройства.

Високочестотните измервателни генератори се разделят на два вида. Най-простите, градуирани по честота, които обикновено радиолюбителите използуват, се наричат сигнал-генератори. Тези генератори нямат точна калибровка на изходящото напрежение.

При радиотехническите измервания много често се използуват така наречените генератори на стандартни сигнали. Тяхната характерна особеност е, че освен генератора за висока честота с плавна настройка те имат нискочестотен генератор, който позволява да се осъществи амплитудна модулация на високочестотните трептения с честоти между 400 и 800 *хц*. Освен това те имат калибрирано и плавно регулирано изходящо напрежение. Някои от тези генератори на стандартни сигнали позволяват да се получат също честотно модулирани сигнали. В таблица 61 са дадени техническите данни на някои типове съветски генератори на стандартни сигнали.

Фиг. 336. Принципна схема на универсален сигнал-генератор

Таблица 61

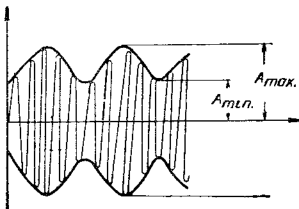
Наименование	Честотен обхват в *мгхц*	Брой на подобхватите	Точност на градуировката по честота в %	Изходно напрежение във *в* от — до —	Вътрешна амплитудна модулация	
					честота в *хц*	дълбочина в %
ГСС-6	0,1—25	8	1	$0{,}1 \cdot 10^{-6}$ до 1	400 ± 5%	0—100
ГСС-8	0,05—30	—	0,5	$0{,}1 \cdot 10^{-6}$ до 1	400 или 1000 ± 5%	0—80
ГСС-12	150—1000	—	1,5	$0{,}1 \cdot 10^{-6}$ до 0,1	100 до 2000	—
ГСС-17	16—128	3	1	$0{,}5 \cdot 10^{-6}$ до 0,1	1000 ± 5%	10—80
СГ-1	13—330	5	2	$0{,}4 \cdot 10^{-6}$ до 0,02	1000 ± 10%	10—50

12. Осцилографи

Осцилографите са уреди, с помощта на които могат да се наблюдават електрически процеси. На екрана на осцилографа може да се наблюдава формата на изследваното синусоидално или импулсно напрежение и да се прави преценка за внесените от устройствата изкривявания.

Понастоящем за снемане на резонансните криви на трептящите кръгове на приемниците, за измерване дълбочината на модулацията, измерване на честоти и др. се използува осцилограф.

Снемане резонансните криви на трептящите кръгове. За да се получи на екрана резонансната крива на трептящия кръг, на пластината за вертикално отклонение се подава напрежение, пропорционално на тока в кръга, а на пластината за хоризонтално отклонение — напрежението на разгъването, пропорцио-



Фиг. 337. Определяне на коефициента на модулацията с осцилограф

нално на което се изменя честотата на напрежението, доведено до трептящия кръг. За получаване върху екрана на устойчив образ на резонансната крива необходимо е да се изменя периодически с достатъчно голяма точност честотата на напрежението, постъпващо на кръга.

Измерване дълбочината на модулацията. Коефициентът на амплитудната модулация (фиг. 337) се определя по формулата:

$$m = \frac{A_{макс} - A_{мин}}{A_{макс} + A_{мин}}$$

По образа върху екрана на осцилографната тръба се определят стойностите на $A_{макс}$ и $A_{мин}$. Разбира се, това е правилно, ако модулацията е симетрична. Коефициентът на модулацията може също да се измери и с уреда модуломер.

Измерване променливото напрежение. Като се измери големината на лъчевия размах на тръбата по вертикалата и като се знае чувствителността на тръбата (изразена в *мм*, на които се отклонява лъчът на тръбата при подаване на входа или непосредствено на пластината за вертикално отклонение, напрежение 1 *в*), може да се определи амплитудата на измерваното напрежение.

ЛИТЕРАТУРА

Бройде А. М. — Элементы радиотехники, Москва, 1950
Малов Н. Н. — Курс электротехники и радиотехники, Москва-Ленинград, 1955
Сухов Д. К. — Электротехника и электросвязь, Москва, 1956
Тихонов С. Н. — Основы электрорадиотехники, Москва, 1956
Якобсон А. Х. — Элементарная электрорадиотехника, Москва, 1955
Йолов Й. и пр. — Електротехника за радиолюбители, София, 1957
Терещук Р. М., Домбругов Р. М., Босый Н. Д. — Справочник радиолюбителя, Киев, 1957
Берг А. И., Джигит И. С., Кулиновский А. А. и др. — Справочник радиолюбителя, Москва, 1958
Боянов Й. — Характеристики на електронни лампи, София, 1956
Брудна З., Поутска Й. — Каталог электронных ламп, Прага, 1959
Striz V. — Katalog elektronek, Praha, 1960
Tesla—Manual of elektronic tubes, Prague, 1959
Zuzanek J. — Ceskoslovenske miniaturni elektronky, 1960
Schreiber H. — Guide mondial des transistors, 1959
Franzis—Verlag Munchen — Kristalldioden u. transistoren taschen tabelle II Auflage, München
Franzis—Verlag München — Rohren taschen tabelle, VII Auflage, München
Fritz E. — Rundfunk—Rohren, Stuttgart, 1957
Telefunken — Germanium Dioden, 1960
Telefunken — Transistoren, 1960
Telefunken — Taschenbuch Rohren und Halbleiter, 1960
Valvo — Handbuch Halbleiter, 1960
R. F. T. — Empfanger — Rohren, 1959
Мазел К. Б. — Стабилизатори напряжения и тока, Москва, 1955
Фурдуев В. В. — Электроакустика, Москва-Ленинград, 1948
Йоффе В. К. — Электроакустика, Москва, 1954
Муромцев В. В. — Усилительные устройства и электроакустика, Москва, 1951
Ганзбург М. Д. — Улучшение звучания приемника, Москва-Ленинград, 1956
Burkhardt H. — Fachkunde für Elektroakustik, Leipzig, 1953
Маринов А. — Уредби за озвучаване, София, 1956
Танев Г. — Основен курс по обща радиотехника, София, 1955
Илиев М., Сокачев А. — Радиоелементи, София, 1956
Баркан В. Ф, Жданов В. К. — Радиоприемные устройства, Москва, 1956
Бобров Н. В. — Радиоприемные устройства, Москва, 1958
Бурдейный А., Казанский Н. и др. — Справочник коротковолновика, Москва, 1959

Волин М. Л. — Усилители промежуточной частоты, Москва, 1950
Гинкин Г. Г. — Справочник по радиотехнике, Москва, 1948
Гурфинкель Б. Б. — Растянутые диапазоны, Москва, 1947
Куликовский А. А., Болошин И. А. и др. — Основы учебного проектирования радиоприемников, Москва, 1956
Лебедев В. Л. — Радиоприемные устройства, Москва, 1956
Левитин Е. А. — Суперхетеродин, превод, София, 1956
Стишковский В. М., Саводника А. В. — Полупроводниковые триоды в радиотехнических схемах, Москва, 1958
Хвоика Ф. — Радиотехника, Прага, 1952
Шуцкой К. А. — Проектирование радиоприемников АМ и ЧМ сигналов, Москва, 1958
Войшвилио Г. В. — Усилители низкой частоты на электронных лампах, Москва, 1959
Чудновский И. Я. — Электровакуумные приборы и усилители, Москва, 1955
Малинин Р. М. — Усилители низкой частоты, Москва, 1953
Бялик Г. И. — Широкополосные усилители, Москва, 1956
Шиповский А. Н. — Высококачественные усилители низкой частоты, Москва, 1952
Хвиливицкий С. И., Медякова Л. В. — Расчет и проектирование усилителей низкой частоты, Москва, 1958
Ганчев Ив. — Нискочестотни усилватели, Москва, 1956
Сифоров Б. И. — Радиоприемники сверхвысоких частот, Москва, 1955
Жеребцов И. П. — Техника метровых волн, Москва, 1955
Плонский А. Ф. — Любительская радиосвязь на метровых волнах, Москва-Ленинград, 1953
Андреевский М. Н. — Конструкции генераторов дециметровых и метровых волн, Москва, 1956
Springstein K. A. — Einführung in die Kurzwellen und Ultrakurzwellen—Empfänger—Praxis, Leipzig, 1954
Autorenkollektiv — Amateurfunk, Berlin, 1956
Марангозов Ив., Боровски Б. — Любителски УКВ предаватели и приемници, София, 1957
Зворыкин В. К., Мортон Д. А. — Телевидение, Москва, 1956
Пашев Ст., Боянов Й. и др. — Електротехнически наръчник, София, 1957
Клопов — Телевидение, Москва, 1954
Игнатов — Телевидение, Москва, 1951
Варбанский А. М. — Телевизионная техника, Москва, 1959
Бялик Г. И. — Техника телевизионных передач, Москва, 1954
Техника телевидения, Москва, 1956
Домбровски И. А. — Антенны, 1951
Линде Д. П. — Антенно-фидерни устройства, 1953
Загик Е. Е. — Приемные телевизионные антены, 1958
Ремез Г. А. — Курс основных радиотехнических измерения, 1956
Кориндорф — Радиотехнически измервания, 1956
Маркус Дж. — Технически применения електронно-ламповых схем, 1953

СЪДЪРЖАНИЕ

Издателството моли читателите да дават бележки и преценки както по съдържанието на книгата, така и по нейното художествено и техническо оформление, като съобщават своя точен адрес, професия и възраст.

Молим също така библиотечните работници да уведомяват периодично издателството за търсенето на книгата и да събират читателски отзиви.

Всички материали да се изпращат на адрес: София, пл. „Славейков" 11, Държавно издателство „Медицина и физкултура".

Редактор Иван Ганев
Художествен редактор Евгений Босяцки
Технически редактор Константин Киров
Корица Красимира Златанова
Коректори: Вистра Недева, Елена Костова, Младенка Дончева и Милка Колева

* * *

Дадена за набор на 22. VI. 1961 г. Подписана за печат на 28. XI. 1961 г.
Печатни коли: 29,25 Издателски коли: 24.28
Формат: 59 84/16 Тираж: 8075

Темат. № 1409 Издат. № 474 Лит. група III-2
Книжно тяло 9,70 лв. Подвързия 2,30 лв.
Цена 12 лв по ценоразписа от 1955 г.
Книжно тяло 0,97 лв. Подвързия 0,23 лв.
Цена 1,20 лв. 1962 г.

* * *

Държавно издателство „Медицина и физкултура", пл. „Славейков" 11
Държавна печатница „Тодор Димитров", кл. 1, София